DIE VERGLEICHENDE

MORPHOLOGIE UND HISTOLOGIE

DES

HÄUTIGEN GEHÖRORGANES

DER

WIRBELTHIERE

NEBST BEMERKUNGEN ZUR VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

VON

Dr. C. HASSE,

PROSECTOR IN WÜRZBURG.

MIT ZWEI TAFELN.

SUPPLEMENT ZU DEN ANATOMISCHEN STUDIEN BAND I.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1873.

In den Arbeiten, die theils von mir selbst, theils unter meiner Leitung von Anderen publicirt wurden, ist die vergleichende Morphologie des häutigen Gehörorgans der Wirbelthiere und bei den meisten auch die Histologie desselben auf das eingehendste behandelt; allein, wie das ja bei fortschreitenden Untersuchungen und in successive publicirten Abhandlungen nicht anders der Fall sein kann, die Fülle des Detail ist eine erdrückende, so dass es nur bei aufmerksamstem Lesen und unter der Voraussetzung eigener, eingehender Erfahrungen möglich ist, den rothen Faden, der sich durch das Ganze hinzieht, festzuhalten, das Unwichtige von dem Wichtigen zu scheiden, sich daraus ein Bild der wesentlichen Verhältnisse zu construiren und für die Physiologie und die Praxis wichtige Schlussfolgerungen zu ziehen. Dazu gesellt sich noch ein erschwerender Umstand. Bei immer weiter in der Thierreihe ausgedehnten Untersuchungen ist es begreiflich, dass manche Ansicht, die man bei den ersten Schritten auf diesem schwierigen Gebiete gewonnen und als fundamental hingestellt, im weiteren Verlaufe der Beobachtungen nicht unbedeutende Modificationen erfährt, dass das, was das eine Mal wichtig erschien, später als Beiwerk sich herausstellt. So glaube ich ist es mehr wie gerechtfertigt, jetzt, nachdem ich bis zu dem mir gesteckten Ziele gelangt, nachdem ich durch die gesammte Reihe der Wirbelthiere hindurch namentlich die Morphologie des Gehörorganes verfolgt und bei den meisten auch allseitige und eingehende histologische Darstellungen gegeben, so kurz als möglich die Summa der Erkenntniss zu geben, und das um so mehr, weil es bis auf den heutigen Tag an allgemeinen, eingehenden Darstellungen nicht blos dieses schwierigen Organes, sondern auch vieler anderer des Wirbelthierleibes fehlt, die natürlich nur auf einer gründlichen Kenntniss der Morphologie, Histologie und Entwicklungsgeschichte der Theile in allen Wirbelthierclassen, ja sogar in den einzelnen Familien beruhen können. Eine solche Kenntniss ist unerlässlich, um ein Fundament zu legen, etwas Bleibendes zu schaffen und sich über das Niveau eines Detailforschers zu erheben, der, mag er auch noch so geistreiche, blendende und schnell Eingang findende Theorien schaffen, die

sich an die Verhältnisse einzelner Thiere oder selbst einer einzelnen Thiergruppe knüpfen, dennoch gar leicht bei weiterer Erforschung der Formen genöthigt wird, das, was er eben mit Glanz vertheidigt, vor einer besseren, auf gründlicheren Studien beruhenden Erkenntniss fallen zu lassen. Es fehlt auf diesem Gebiete nicht an Darstellungen, die Anspruch auf eine vergleichende Anatomie des Gehörorgans erheben; allein sie entbehren eben der genügenden Grundlage, und wenn ich die klassischen Zeichnungen Ibsen's, die auf eine gleiche Darstellung schliessen lassen, und auf histologischem Gebiete die Angaben vor allem Hensen's und M. Schultze's, ausnehme, so haben sie alle mehr oder minder aus bereits angeführten Gründen einen ephemeren Werth.

Nach einer mehrjährigen, über alle Klassen und selbst über die meisten der einzelnen Familien ausgedehnten Untersuchung, die nach bestem Wissen und Gewissen angestellt ist, der aber noch Manches fehlt, um bis ins feinste Detail hinein zu befriedigen und den organischen Zusammenhang zu beweisen, glaube ich mich berechtigt, nachdem meine Erfahrungen auf einen einfachen Grundplan sowohl in morphologischer, als in histologischer und entwicklungsgeschichtlicher Beziehung hingewiesen, und nachdem sie mir die einfachen Grundelemente gezeigt, denselben so kurz als möglich ebenso darzustellen, wie ich bereits in verschiedenen Arbeiten die accessorischen Apparate behandelt. Es ist ein Versuch, der, wie ich nach den bisherigen Arbeiten dargethan zu haben glaube, seine Berechtigung besitzt, und als Versuch bitte ich ihn zu behandeln und zu kritisiren. Glücklich wäre ich, sollte es einem anderen Forscher auf Grund ebenso eingehender Forschung gelingen, die Haltbarkeit oder Unhaltbarkeit meiner folgenden Auseinandersetzung nachzuweisen, es hätte dann doch ein kleines Kapitel der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere einen gewissen Abschluss erreicht, der, um der Morphologie des Menschen ein festes, wissenschaftliches Fundament zu geben, den meisten übrigen dringend zu wünschen wäre.

Ich sagte, es sei mir gelungen, einen Grundplan des Gehörorganes der Wirbelthiere, das Wesen des Baues desselben festzustellen. Dieser einfache Plan muss nun nach dem grossen in die Wissenschaft eingeführten Principe wenigstens annäherungsweise am meisten in der niedersten Wirbelthierclasse hervortreten und sich zugleich auf das strengste an die jüngsten Entwicklungsformen des Organes bei den Wirbelthieren überhaupt anschliessen; ja noch mehr, es lässt sich *a priori* voraussehen, dass diese Grundform sich auf das unmittelbarste an die der Evertebraten, seien es sämmtlicher oder solcher aus bestimmten Klassen, immer das Axiom der Continuität in der Thierreihe vorausgesetzt, anschliesst, und es muss, wenn anders die Grundlage der Beobachtungen richtig, ein für alle mit Gehörorganen versehenen Thiere gültiges Grundverhältniss sich

hinstellen lassen. Dazu wäre nun freilich eine eingehende und Alles umfassende Kenntniss des Baues des Gehörorgans der Wirbellosen nothwendig, aber leider sind die Beobachtungen auf diesem Gebiete so spärlich, dass darauf einstweilen verzichtet werden muss, allein so viel ist doch schon erreicht, dass es möglich ist, in gewissen Grundverhältnissen eine innige Verbindung zwischen Vertebraten und Evertebraten zu knüpfen, ja es liesse sich wohl gar die Grunderscheinung des Baues dieses wichtigen Sinnesorgans als eine Art Korrektiv bis jetzt gültiger Ansichten über den Bau desselben in bestimmten Klassen der Wirbellosen anwenden, um so mehr, wenn es sich dabei nicht um eine Aenderung thatsächlicher Beobachtungen, sondern um die Deutung derselben handelt. Darin liegt, im Anschlusse an die Anschauungen, die sich auf dem Gebiete unserer Wissenschaft in immer weiteren Kreisen geltend machen, der Werth vergleichend-anatomischer Studien und die Nothwendigkeit derselben, da dadurch allein ein Massstab für die Wichtigkeit und vor allen Dingen für die Richtigkeit der Deutung einzelner Beobachtungen gefunden werden kann, die sonst oftmals nur schätzbares Material, ohne weiteren höheren, als sogenannten historischen Werth sind. Es ist der schönste Lohn meiner mehrjährigen Studien auf diesem begrenzten Gebiete gewesen, dass es mir gelungen, auch hier eine Bestätigung der grossartigen Anschauungen Darwin's gefunden und damit die Ueberzeugung gewonnen zu haben, dass sie überall anwendbar oder besser gesagt, dass sie auf allen Gebieten der Forschung und namentlich auf dem der Anatomie die Grundlage und Richtschnur unserer Studien abgeben müssen, so lange bis man sich an irgend einem Punkte von der absoluten Unmöglichkeit ihrer Anwendbarkeit überzeugt, womit dann allerdings ein neuer, grossartiger Wendepunkt unseres Wissens gegeben wäre. Ist nun die Richtigkeit der Ansicht von der Continuität in der Thierreihe, der successiven Entwicklung und Umbildung von den niedersten, einfachsten zu den höchsten Formen, ohne weiteres Hinzutreten neuer, wesentlicher Elemente auf diesem Gebiete bewiesen, so berechtigt mich dies, untergeordnete Lücken meiner Darstellung selbst ohne eigene, eingehendere Untersuchungen bis zu einem gewissen Grade auszufüllen, ja sogar eine Kritik bestehender Ansichten zu üben, deren Grundlage speciellere, aber nur auf ein Individuum beschränkte Studien bilden, und so die histologischen Grundverhältnisse der menschlichen Schnecke, namentlich des *organon Corti* vom vergleichenden Standpunkte aus zu schildern. Ich bin mir da sehr wohl meiner schwierigen Stellung geachteten Forschern gegenüber bewusst, allein es geschieht auch nur in der Absicht, eine strenge, wissenschaftliche Kritik meiner eigenen Anschauungen zu provociren, eine Kritik, die sich nicht allein auf die Beobachtungen an

diesem einen Theile stützen darf, sondern als Grundlage die vergleichende Anatomie des Gesammtorganes haben muss.

Bevor ich nun weiter gehe, möchte ich bemerken, wie ich es bereits angedeutet, dass im Folgenden manche Ansicht niedergelegt sein wird, die mit früher geäusserten in Widerspruch steht, allein dieselbe beruht auf weiterer, eigener Forschung, deren Resultate ich an dieser Stelle einfüge, da ich mich scheue, denselben eigene Arbeiten zu widmen, und so bietet die Darstellung nicht einen einfachen, summarischen Rückblick auf das bisher Beobachtete, sondern manche neu eingeflochtene Beobachtung. Gehe ich dabei nicht ausführlich auf herrschende Controversen ein, so geschieht dies im Interesse der Kürze und Klarheit der Darstellung, und nur, wo es sich um principiell wichtige Sachen handelt, werde ich etwaige abweichende Ansichten eingehender behandeln.

Ich deutete schon vorhin an, dass es nach unseren bisherigen Kenntnissen des Gehörorganes der Evertebraten nicht möglich sei, mit vollkommener Sicherheit einen Grundplan für den Bau desselben aufzustellen und das um so weniger, weil die Entwicklungsverhältnisse desselben in den meisten Fällen in absolutes Dunkel gehüllt sind. Es ist somit auch nicht möglich, eine für alle Thiere gültige Grundform, ein ideales, einfaches Gehörorgan zu construiren, das durchaus nicht allein in den niedrigsten Klassen vorhanden zu sein braucht, sondern neben sehr entwickelten Formen auch recht gut in höher stehenden Classen existiren kann. Es muss aber am nächsten bei den niedersten Thierformen verwirklicht sein und in der Thierreihe allmählig von den niedersten bis zu den höchsten immer mehr Complicationen durch accessorische Theile erfahren. Immerhin möchte es wohl auf Grund der ausgezeichneten Untersuchungen von Hensen [1]) bei den Medusen (*Eucope*), von Kupffer [2]) und Kowalewsky [3]) bei den Ascidien, von M. Schultze, Leydig, Claparede [4]), Keferstein [5]) bei den Würmern, von Hensen [6]) und Leydig [7]) bei den Arthropoden, von Leydig [8]), Owsjannikow, Kowalewsky [9]) und Boll [10]) bei den Mollusken (*Heteropoden, Pteropoden, Gastropoden* und *Cephalopoden*) gestattet sein, nach den Erfahrungen bei den Wirbelthieren

1) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. XIII.
2) Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. 6.
3) Archiv für mikroskopische Anatomie Bd. 7.
4) Beobachtungen.
5) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. XII.
6) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. XIII.
7) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. III.
8) Lehrbuch der vergleichenden Histologie. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. III.
9) Mémoires de l'académie de St. Petersbourg. 1867.
10) Archiv für mikroskopische Anatomie. Supplement, 1869.

wenigstens den Versuch zu machen, die Entwicklung dieses wichtigen Sinnesorganes auch in dieser grossen Abtheilung des Thierreiches und namentlich bei denen, die den Wirbelthieren am nächsten stehen, zu verfolgen und das Wesentliche hervorzuheben.

Als einfachste Form des Gehörorganes wäre wohl eine an der Körperoberfläche befindliche, mit einem oder mehreren cuticularen, starren, nur durch Schallwellen erregbaren, frei in das den Körper umgebende Medium ragenden Härchen versehene Zelle zu denken, an deren centrales Ende eine von einer Ganglienzelle ausgehende Nervenfaser träte, die dann entweder, wie mir am wahrscheinlichsten, durch das Innere der Zelle, oder über die Oberfläche derselben bis an die Basis des Haares oder der Härchen, vielleicht unter Theilung verliefe und hier mit einem leicht veränderlichen Körperchen ende. Ein solcher Endapparat könnte natürlich nur bei solchen Thieren vorkommen, deren Leib überhaupt schon in Zellen und Zellengruppen mit verschiedenen Funktionen zerfiele, wäre also jedenfalls nicht im Reiche der *Protozoën* zu suchen, wohl aber wäre die Möglichkeit eines solchen bei der nächstfolgenden Classe, den *Coelenteraten*, vorhanden. Es ist nun freilich wahrscheinlich, dass, wenn einmal eine solche organologische Differenzirung eintritt, nicht ein solcher zelliger Endapparat, sondern mehrere solche an irgend einer Stelle der Körperoberfläche sich finden und dann möglicherweise, obgleich es nicht absolut nothwendig, in der Art, dass durch zwischengelagerte, indifferente Zellgebilde, an die keine Nerven herantreten, die einzelnen Gehörapparate von einander getrennt werden, und wenn das der Fall, so haben wir damit eine Form, die der der Wirbelthiere viel näher steht, als eine, die keine solche Isolationszellen aufweist. Ob nun solche einfache Apparate wirklich in der Gruppe der *Coelenteraten* vorhanden sind, darüber liegen meines Wissens keine positiven Beobachtungen vor. Von vorne herein unwahrscheinlich ist es nicht, da nach Hensen feine Gehörhaare bei den *Decapoden* an der Körperoberfläche vorkommen. Sie könnten aber wohl nur in solchen Familien vorkommen, deren Aufenthalt sie vor starken Eingriffen des umgebenden Medium auf ihre Körperoberfläche schützte, da wir kaum eine unbeschränkte und schnelle Regenerationsfähigkeit der Neuroepithelien annehmen können. Bei Thieren dagegen, bei denen die immerhin zarten Nervenendapparate auf der Körperoberfläche äusserer Gewalteinwirkung ausgesetzt wären, müssten Schutzmittel gebildet werden, und ein solcher Schutz würde auf die einfachste Weise dadurch zu Stande kommen, dass die Nervenendapparate eventuell mit den isolirenden Zellen sich in eine Einsenkung des äusseren Integumentes legen, eine Einsenkung, die dann in der niedersten Form durch eine mehr oder minder weite Oeffnung mit der Aussenfläche communicirt oder bei höheren Formen zu einem mit Flüssigkeit gefüllten Bläschen abge-

schlossen sein kann, in dessen Grunde dann die Neuroepithelien zu suchen, während es im Uebrigen von indifferenten Zellmassen ausgekleidet wäre. Solche Bläschen treffen wir unter den *Coelenteraten* zum ersten Male bei den Medusen als Randkörper, und wir sehen dann in demselben Augenblicke, wo die Endapparate des *acusticus* aus dem Bereiche des Mediums treten, so dass die Schallwellen erst auf indirektem Wege durch die Flüssigkeit des Bläschens zu ihnen gelangen können, in dieser neue Elemente auftreten, Kalkkrystalle, die möglicherweise zur Schallverstärkung dienend frei suspendirt gehalten werden, und zwar bei der einen Form, wie es scheint, ausschliesslich durch die Haare der Neuroepithelien, bei der anderen (*Cydippe*) durch die Wimpern von Flimmerzellen, die nichts mit dem Acusticusepithel zu thun haben, sondern als indifferente Zellbekleidung anzusehen sind. Dieses Verhältniss ist mit Bezug auf alsbald zu schildernde Verhältnisse im höchsten Grade interessant. Die erste Form möchte sich wohl in die Classe der *Arthropoden* fortsetzen und dort weitere Entwicklung erfahren, während die zweite durch die Reihe der übrigen Evertebraten hindurch ihre Fortsetzung gegen die Wirbelthiere hin findet. Die Wimperbewegung könnte dann auch vielleicht, abgesehen von den Schwingungen der Kalkkrystalle, ein beförderndes Moment für die Erneuerung der im Bläschen eingeschlossenen Flüssigkeit, der Endolymphe sein.

So haben wir denn, wie auch schon Gegenbaur in seiner vergleichenden Anatomie hervorgehoben, einen Fortschritt von an der Körperoberfläche befindlichen Acusticuszellen zu solchen, die sich in einer mehr oder minder an der Oberfläche offen stehenden Einsenkung oder in einem mit Flüssigkeit und Kalkkrystallen gefüllten Bläschen befinden. Was nun die Würmer betrifft, zu denen ja die durch Kupffer's und Kowalewsky's Untersuchungen so ausserordentlich interessant gewordenen *Ascidien* von manchen Forschern gerechnet werden, welche mit Wahrscheinlichkeit den Stammbaum der Wirbelthiere in dieser Classe, die sich weiter gegen die Mollusken hin fortsetzt, erkennen lassen, so müssen diese ja mit den Mollusken unser ganz besonderes Interesse erregen. Auch bei ihnen haben wir ein mit Flüssigkeit und einen oder mehreren Otolithen gefülltes, geschlossenes Bläschen, dessen Wandung ebenfalls mit Wimperepithelien versehen sein kann, welche wie bei bestimmten *Coelenteraten* die Kalkmasse in Bewegung setzen, allein, während bei diesen das Bläschen an den verschiedensten Stellen der Körperoberfläche wie bei den *Arthropoden* vorkommen kann, so sehen wir dasselbe bei den *Vermes* den Gehirnganglien angelagert oder wenigstens in der unmittelbarsten Nähe derselben befindlich, somit also an einer Körperstelle, die bei den höchsten Formen dem Kopfende entspricht. Hat man nun auch hier nicht die mit Gehörhaaren versehenen Neuroepithelien gefunden

und das Verhalten derselben zum Otolithen einerseits, andererseits zum Nerven bis ins Detail verfolgt, so halte ich mich doch überzeugt, dass auch hier eine Gruppe solcher vorkommt, sei es dass dieselben neben einander gelagert sind, oder dass sie durch indifferente Zellmassen, die immerhin wimpernde Haare tragen können, isolirt werden. Mögen nun auch ausserdem bei bestimmten Familien solche an der freien Oberfläche des Körpers oder in einfachen Einsenkungen, die mehr oder minder an der freien Oberfläche offen stehen, vorhanden sein, immerhin ist bei den meisten Formen in der Lagerung am Kopfende ein Fortschritt gegenüber denjenigen Coelenteratenformen, aus denen sie sich fortgebildet, gegeben.

Dasselbe gilt für die Mollusken, bei denen unsere Kenntniss so weit vorgeschritten, dass es nicht unschwer gelingt, unmittelbar an die Verhältnisse bei den Wirbelthieren anzuknüpfen; Dank den Forschungen von Leydig, Kowalewsky, Owsjannikow und Boll. Bei den meisten Familien dieser Classe sehen wir, wie bei vielen Würmern und bei den Wirbelthieren das Gehörorgan hinter dem Auge an dem Kopfende gelagert und nur bei einigen *Lamellibranchiaten* findet es sich am Fussganglion. Es ist eine Blase, die bei den *Cephalopoden* wie bei den *Cyclostomen* in eine Knorpelkapsel, die dem Kopfknorpel angehört, eingeschlossen ist, die dann aber, da sie sich an der Unterseite des Kopfknorpels befindet, innen von dem Nerven durchbrochen wird. Innerhalb des mit Flüssigkeit gefüllten Bläschens findet sich ein Otolith oder eine Otolithenmasse frei suspendirt, die wie die Flüssigkeit bei den meisten continuirlich sich bewegt. Die Blase besteht bei allen aus einer gesonderten, bindegewebigen Wand und einem dieselbe überziehenden Epithel.

Wenn wir nun zunächst die *Gastropoden* in Betracht ziehen, so sind mir vor allem die Schilderungen Leydig's und seine Zeichnungen von hohem Werthe. An den Figuren von *Helix pomatia, Helix obvoluta, Paludina vivipara* und *impuna* zeichnet er aufs Deutlichste an einer beschränkten Stelle der Wandung eine Erhebung des Epithels in gleicher Weise, wie sie uns bei den Wirbelthieren als *macula acustica* aufstösst und innerhalb derselben grosskernige Zellen, die, wie er sagt, spindelförmig sind und fügt dann weiterhin bei, es schiene, als ob zwischen den Wimpern, die ausserordentlich fein dem grössten Theile der auskleidenden Zellen angehören und die Flüssigkeit und somit den Otolithen in Bewegung setzen, starre Borsten sich fänden, die mit den grosskernigen Zellen in Verbindung zu bringen wären, so dass sich also an dieser Stelle das Epithel in borstentragende Sinneszellen und zwischengelagerte, flimmernde Isolationszellen gliedert. Diese Beobachtung erscheint mir von ungemeiner Wichtigkeit und ich zweifle keinen Augenblick daran, dass bei eingehenderer Untersuchung dieselbe bestätigt wird und dass wir somit in der That eine *macula acustica* mit Acusticuszellen und umgebenden

indifferenten Epithelzellen, die die einzelnen Nervenendapparate zu isoliren vermögen, haben. Die Zeichnungen Leydig's von *Succinea amphibia* und *Helix hortensis*, ferner die Boll's, namentlich von *Neritina fluviatilis* stehen dem nicht entgegen, da hier die Epithelien überhaupt nicht deutlich in ihrer Zusammensetzung erscheinen.

Für die *Heteropoden*, bei denen sich das Gehörorgan nicht am Fussganglion findet, sondern hinter dem Auge am Gehirn gelagert erscheint, sind die Angaben Leydig's [1]) und Boll's von grossem Werthe. Boll giebt von *Pterotrachea* eine charakteristische Abbildung. Das mit Flüssigkeit gefüllte, rundliche, aus einer Bindegewebsmasse bestehende Bläschen zeigt in seinem Inneren einen runden Otolithen, der wie die Flüssigkeit durch einen Theil des Epithels in Bewegung gesetzt wird. Dieses zeigt eine sehr wunderbare Bildung, tritt aber nicht, wie ich mit Leydig glaube, aus der Kategorie der Wimperzellen heraus. Das auskleidende Epithel lässt sich nämlich in zwei Kategorien scheiden, ein Acusticusepithel, das zu einer *macula acustica* angehäuft ist, und eine indifferente, den übrigen Theil der Gehörblase auskleidende Zelllage, die aus niedrigen Pflasterzellen besteht, welche, je näher wir der *macula acustica* kommen, wie bei allen Wirbelthieren immer höher und cylindrisch werden. Diese Zellmasse ist im höchsten Grade interessant, weil sie nicht in der ganzen Ausdehnung aus Flimmerzellen besteht, sondern grösstentheils von einfachen Pflasterzellen gebildet wird. Nur in bestimmten Abständen trifft man Zellen, die einen Wald von in bestimmten Zeiträumen schwingenden Flimmerhaaren zeigen. Von diesen hat Boll nachgewiesen, dass an sie feine Nervenfädchen herantreten, und das wurde für ihn die Veranlassung, entgegen den Ansichten früherer Forscher, dieses Epithel als ein Sinnesepithel in Anspruch zu nehmen. Was dagegen die *macula acustica* betrifft, deren Zelleonstituenten er nicht näher zu zergliedern vermochte, so gelang es ihm, hier und da steife, aber nicht schwingende Haare über die Oberfläche hinausragen zu sehen, Haare, die gerade durch ihre Unbeweglichkeit von vorne herein den Verdacht erwecken, dass man es mit einem Endapparate des Hörnerven zu thun hat. Nimmt man noch hinzu, dass er das Epithel leicht veränderlich gefunden, beobachtet man dann ferner das Aussehen der *macula acustica*, das Höherwerden der indifferenten Pflasterzellen, so glaube ich bestimmt, dass kommende Forschungen hier haartragende Hörzellen, möglicherweise unterbrochen durch Isolationszellen, nachweisen werden; Hörzellen, zu denen die Endfasern des *acusticus* treten, um gegen die Basis der nur durch Schallwellen erregbaren Haare zu verlaufen. Die Nervenfasern werden Ganglienzellen entstammen und erst durch deren Vermittlung

---

1) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. III.

sieh mit den Centralorganen des Hörens verbinden. Ich trage grosses Bedenken, mit Boll anzunehmen, dass die mit Nerven in Verbindung stehenden Pflasterepithelien mit schwingenden Haaren als Acusticusepithel anzusehen sind, und schliesse mich der Ansieht älterer Autoren, dass wir es mit Flimmerzellen zu thun haben, aus mehreren Gründen an. Einmal sehwingen die Haare der Gehörzellen niemals spontan, sondern nur auf Grund von Schallwellen, wie Hensen das experimentell bei *Arthropoden* naehgewiesen, und dann ist es durehaus kein Beweis für die Natur eines Endapparates des Hörnerven, dass Zellen mit sehwingenden Haaren mit Nerven in Verbindung stehen, die in der Bahn des *acusticus* verlaufen. Die Untersuehungen von Ketel über das Gehörorgan von *Petromyzon* haben ja gelehrt, dass aller Wahrscheinliehkeit naeh der mit dem *nervus acusticus* verlaufende *facialis*, der gleichsam ringförmig um die mit einem exquisiten Flimmerepithel versehenen Vestibularsäekchen verläuft und dabei immer mehr an Stärke verliert, in das Innere hinein Fasern abgiebt, die dann zu den Flimmerzellen als einziges eharakteristisches Element verlaufen müssen, so dass also die Flimmerbewegung unter dem Einflusse der Nerven stehen würde. Positive Beobaehtungen für den Zusammenhang der Nervenfasern mit den Flimmerzellen hat er damals nicht beibringen können, allein es bleibt kaum eine andere Möglichkeit übrig und es spreehen dafür gerade die Beobachtungen Boll's und ferner der Umstand, dass bei Thieren, deren Sehleimhaut auf ausgedehnten Strecken Flimmerepithel trägt, diese einen grossen Reiehthum an Nerven besitzt. Ich zweifle nicht daran und ich hoffe, in Zukunft positiv beweisen zu können, dass, wo Flimmerzellen vorhanden, dieselben mit Nerven in Verbindung stehen, und wenn solehe wie bei den Evertebraten und bei *Petromyzon* in der Bahn der Gehörnerven verlaufen, so sind sie doeh von ihm gesondert und als besondere Cerebralnerven anzusehen, die sich bei *Petromyzon* gleiehsam zum *Facialis* gruppiren, und das Epithel ist nicht so ohne Weiteres als Gehörepithel aufzufassen. Dieses ausgedehnte Vorkommen des Wimperepithels neben den Gehörzellen bei bestimmten Arten der *Coelenteraten*, der *Vermes*, den *Gastro- Ptero-* und *Heteropoden*, das bei vollkommen oder unvollkommen geschlossenen Gehörbläschen auftritt, ist um so interessanter, weil durch dasselbe Vertebraten und Evertebraten mit einander verknüpft werden, da wir ja bei *Petromyzon* als einzigen Repräsentanten einer sonst ganz naeh dem Wirbelthiertypus gebauten Gehörblase solehe Zellen in ungemeiner Ausdehnung auftreten sehen und zwar gerade in dem Theile, der das Ursprüngliehe vom Gehörorgane ist, im *vestibulum*. Ieh meine, schon allein dieser Umstand gestattet einen Schluss auf die Natur des Gehörepithels der Wirbellosen, das beim Vorhandensein eines Bläschens oder einer Einsenkung der äusseren Haut, die einem niederen Entwieklungsstadium entspricht, zu einer einzigen

macula acustica gruppirt ist, die dann entweder im Niveau der umgebenden, indifferenten Epithelien liegt, oder sich vermöge der ausgeprägten Cylindergestalt der wesentlichen Elemente über die Ebene derselben erhebt, immer aber wohl nur einen Theil der Wandung des Bläschens oder der Einsenkung einnimmt. Somit wird der Stammbaum von *Petromyzon* bis zu den Würmern hinunterreichen oder in der Classe der Mollusken zu suchen sein und zwar bei denjenigen Thieren, deren Gehörbläschen neben der Gruppe des Gehörepithels ein ausgedehntes Flimmerepithel trägt.

Betrachten wir nun die *Cephalopoden* etwas näher, über die wir durch die schönen Untersuchungen von Kowalewsky und Owsjannikow und von Boll aufgeklärt sind, so glaube ich auch bei ihnen gute Anhaltspunkte für den Zusammenhang zwischen Vertebraten und Evertebraten zu haben und bessere vielleicht, als es bei den soeben behandelten Mollusken der Fall. Abgesehen davon, dass wir bei diesen Thieren das Gehörbläschen wie bei den *Cyclostomen* von einer Knorpelkapsel umgeben finden, die, wenn auch nicht derjenigen der Rundmäuler homolog, so doch wenigstens analog ist, und abgesehen davon, dass auch hier das Gehörorgan hinter dem Auge befindlich sich bildet, so sehen wir bei ihnen zum ersten Male, so weit man weiss, eine Vertheilung der Endapparate des *acusticus* in zwei Gruppen. Sie stehen nicht über das ganze Gehörbläschen zerstreut, auch nicht zu einer einfachen *macula* gruppirt, sondern ausser dieser befindet sich, wie die Forscher dargethan, eine von ihnen so genannte *crista acustica*, die bandartig um die Wand des Bläschens zieht. Die Lage derselben scheint mir im höchsten Grade interessant. Die *papilla* oder *macula* befindet sich am Eintritt des Gehörnerven, oben innen am Bläschen, dagegen die Leiste mehr nach unten und vorne. Denkt man sich nun, unter der Voraussetzung, dass, wie wahrscheinlich, der Gang der Entwicklung des Gehörbläschens als eine Einsenkung des äusseren Integumentes derselbe wie bei den Wirbelthieren, dass die Gehörkapsel, die bei den *Cephalopoden* abwärts vom Kopfknorpel liegt, mit ihrem äusseren Theile aufwärts gedreht und gegen die Seitenfläche desselben hin gedrängt würde, gleich wie bei den *Cyclostomen* die Gehörkapsel an der Seite des Schädels befindlich, so würde der Nerv an den unteren inneren Theil des Gehörbläschens treten und somit die *macula* sich ebenfalls hier befinden, während dagegen die *crista* nach oben aussen läge. Denkt man sich dann das Bläschen im Centrum durchbrochen, so müsste die mehr in der Mitte desselben verlaufende Leiste zweigetheilt werden, in eine vordere und hintere Hälfte sich scheiden, und man hätte dann gerade wie bei *Myxine glutinosa* eine nach unten innen gelegene *macula*, eine vordere und hintere *crista acustica*. Ich will auf diese rein morphologischen Betrachtungen, so nahe sie mir gelegen haben, keinen so grossen Werth

mit Bezug auf den Zusammenhang zwischen Wirbellosen und Wirbelthieren legen, namentlich schon deswegen nicht, weil Kopfknorpel und Gehörkapsel nicht mit dem Schädel und der Gehörkapsel der *Cyclostomen* in Zusammenhang zu bringen sind, wohl aber auf die Verhältnisse der Epithelien des Gehörbläschens, die mit denen der *Myxine* und weiter mit den Grundverhältnissen der übrigen Wirbelthiere übereinstimmen. Die Wand des Gehörbläschens ist mit Ausnahme der *macula* und *crista acustica* mit einem niedrigen, indifferenten, nicht flimmernden Epithel bedeckt und was dann die beiden vorhin genannten Theile betrifft, so haben Kowalewsky, Owsjannikow und Boll übereinstimmend dieselben aus haartragenden Cylinderzellen zusammengesetzt gefunden, an die die Fasern des *acusticus* herantreten, und zwischen ihnen andere Zellelemente, die nichts mit Nerven zu schaffen haben. Wenn man dann das Flächenbild des Epithels von *Octopus* betrachtet, welches Boll Taf. III. Fig. 51. gezeichnet, und mit meiner Fig. 35. Taf. XXIII vergleicht, so wird, denke ich, die grosse Uebereinstimmung auf den ersten Blick einleuchten, wie auch die Querschnittsbilder, die ich von den Fischen gegeben, die schönste Uebereinstimmung in der Form der Zellen zeigen (Taf. XIX. Fig. 16.). Ein weiteres für den Zusammenhang mit den Wirbelthieren sprechendes Verhalten ist das der Otolithen oder nach Boll der Otolithenmasse. Diese ruht, wie bei sämmtlichen Vertebraten auf der *macula acustica*, anstatt in der Flüssigkeit, die der Endolymphe der Wirbelthiere entspricht, suspendirt zu sein. Wenn nun auch das histologische Verhalten des Otolithen nicht festgestellt ist, so möchte ich doch auf einen Punkt aufmerksam machen, der mir für die complicirte Struktur desselben zu sprechen scheint, namentlich auch dafür, dass er wie bei den Wirbelthieren eine Otolithensackmembran besitzt, in die die Gehörhärchen hineinragen, und das ist der Umstand, dass, wie Boll bemerkt, beim Abheben des Otolithen ein Theil desselben oberhalb der *macula* zurückbleibt. Das könnte nicht geschehen, wenn er nicht ähnlich wie bei den Wirbelthieren durch ein Bindemittel mit dem Epithel verbunden wäre, und es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass das eine cuticulare Hülle, eine an der Maculafläche verdickte Otolithensackmembran ist. Ist eine solche vorhanden, so würde dies auf die Entwicklungsgeschichte der Otolithen ein weiteres Licht werfen. Man muss wohl annehmen, dass derselbe, wenn er frei suspendirt, aus einer eiweissartigen Flüssigkeit herauskrystallisirt, die von den indifferenten Zellen des Gehörbläschens abgesondert, dasselbe ursprünglich erfüllt. Bei den *Cephalopoden* würde dann aber eine Bildungsweise wie bei den Vertebraten vorhanden sein. Nur der Theil der indifferenten Zellmasse, die in der Umgebung der *macula* oder *crista acustica* liegt und in diesen als Isolationszellen oder Zahnzellen, wie ich sie auch genannt, die einzelnen

Nervenendapparate trennt, sondert eine Masse ab, die der *macula* oder *crista* aufliegt, ohne den ganzen Binnenraum der Gehörblase zu erfüllen und in deren Inneren dann das Herauskrystallisiren der Kalkmasse vor sich geht. Was also bei anderen Evertebraten auf die Zellen des ganzen Raumes vertheilt, wäre hier nur eine Funktion weniger Zellen, die sich auch gegenüber den übrigen indifferenten durch ihre grössere Höhe auszeichnen. Die Isolationszellen und die Zellen in der Umgebung der *macula* und *crista* sind ja regelrechte Cylinder, die übrigen dagegen meistens Pflasterzellen.

Die drei vorhin genannten Forscher haben nun ferner übereinstimmend einen aus dem Gehörbläschen sich erhebenden mit flimmernden Zellen versehenen Canal beschrieben, der eine Strecke an der Aussenwand empor verlaufend durch den Kopfknorpel tritt und dessen Ende sie nicht verfolgen konnten. Boll vermuthet, dass er sich an der freien Oberfläche öffne. Gerade der Umstand, dass dieser Canal den Kopfknorpel durchbohrt und dort nicht weiter verfolgt werden kann, hat mich aufmerksam gemacht und musste mir auf das Lebhafteste den von Ketel und mir bei den *Cyclostomen* aufgefundenen *ductus endolymphaticus* oder den *aquaeductus vestibuli*, der entwicklungsgeschichtlich nichts weiter ist als der *recessus labyrinthi*, ins Gedächtniss zurückrufen, und wenn sich auch erst an der Hand der entwicklungsgeschichtlichen Forschung, die speciell auf diesen Punkt gerichtet wäre, die Identität mit der Vorhofswasserleitung nachweisen liesse, so möchte ich doch die Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, darauf aufmerksam zu machen. Ist dieser Canal wirklich der *recessus labyrinthi*, der *ductus endolymphaticus*, die Vorhofswasserleitung, so wäre damit der Connex zwischen Vertebraten und Evertebraten noch inniger als bisher nachgewiesen worden. Die vergleichend anatomischen Thatsachen sprechen nicht dagegen, dass das Gehörorgan auch bei den Wirbellosen eine Differenzirung zunächst des äusseren Integumentes ist, an das specifische Nerven herantreten, und dass das Gehörbläschen, und darauf weisen bei niederen Thieren die Communicationen mit der Oberfläche hin, als eine Einstülpung der Körperbedeckung anzusehen; da liegt es denn nicht aus dem Wege, dass es auch bei den höchsten Evertebratenklassen zur Bildung eines *recessus labyrinthi* kommt, wie wir ihn immer vollkommener bei den Wirbelthieren auftreten sehen.

So habe ich denn den Versuch gemacht, Wirbelthiere und Wirbellose mit Bezug auf das Gehörorgan zu verknüpfen. Habe ich über das Ziel hinausgeschossen, und habe ich meiner Phantasie nicht den gebührenden Zügel angelegt, so möge die Grösse der Aufgabe und die Mangelhaftigkeit unserer Kenntnisse als Entschuldigung dienen und möge sich sehr bald Einer finden, der die wichtige Frage auf besseren Grundlagen löst,

als es mir möglich, auf Grundlagen, die denen entsprechen, die die *retina* der Wirbellosen vor allem in den Arbeiten von Hensen und M. Schultze besitzt.

Ich wende mich zunächst zur vergleichenden Morphologie und dann zur vergleichenden Histologie des häutigen Labyrinthes oder Gehörbläschens der Wirbelthiere. Da finden wir zunächst als das Gemeinsame, überall Wiederkehrende, dass dasselbe trotz aller Formverschiedenheiten, welche dasselbe innerhalb der einzelnen Classen zeigt, an der Seitenwand des Schädels zwischen *trigeminus* und *vagus* gelagert erscheint, und dass der *nervus acusticus* mit seinen Zweigen immer an die innere oder Schädelhöhlenwand des Bläschens herantritt, um sich dann weiter zu verzweigen. In seiner einfachsten Form, die dem frühesten Entwicklungsstadium desselben bei den Wirbelthieren und den Verhältnissen, wie wir sie in der Reihe der höheren Evertebraten kennen gelernt, entspricht, tritt es als einfaches Bläschen (Fig. 1. u. 2.) bei *Myxine glutinosa* auf und es steht nur in Frage, ob nicht vielleicht dennoch bei *Amphioxus* etwa an der Unterseite des Kopfendes noch einfachere Formen sich finden. Dasselbe ist nämlich nicht wie bei den Wirbellosen im erwachsenen Zustande (möglich oder vielmehr wahrscheinlich, dass es im embryonalen Zustande der Fall, und es wäre wichtig, dieses zu untersuchen) einfach rundlich, sondern hat dadurch, dass ein Knorpelfortsatz der Kapsel das Centrum gleichsam durchbrochen, die Gestalt eines Ringes angenommen, an den unten innen die Fasern des *acusticus* treten, und diese vertheilen sich wie bei den *Cephalopoden* in eine an dem unteren Theile der Innenwand des Ringes befindliche *macula acustica* (Fig. 1 *v*), die ein wenig, aber symmetrisch vorne und hinten in die Seitentheile des Ringes hineinragt und in zwei durch die centrale Durchbohrung des Bläschens, das wir von vorne herein als *vestibulum* bezeichnen wollen, getrennte *cristae acusticae* (Fig. 1 u. 2 *aa*, *ap*). Diese beiden befinden sich in den symmetrisch vorne und hinten an den Seitentheilen des Vorhofs befindlichen, halbkugligen Ausbuchtungen, den *ampullae* und so sehen wir denn zum ersten Male bei den Wirbelthieren, bei der erwachsenen *Myxine*, drei wichtige Abtheilungen am Gehörbläschen auftreten, einmal das *vestibulum* mit seiner am Boden unten innen befindlichen *macula*, und dann die beiden vorne und hinten gelegenen Ausbuchtungen, die Ampullen, mit ihren im Wesentlichen quer durch dieselben ziehenden *cristae acusticae*. Wäre es möglich, die *macula acustica* mit der *papilla acustica* der *Cephalopoden* und die *cristae* mit der *crista* des Gehörbläschens dieser Thiere, wie ich das vorhin weiter ausgeführt, zu homologisiren, wofür die Entwicklungsgeschichte Anhaltspunkte geben wird, dann möchte ich noch im vergleichend anatomischen Interesse auf den so merkwürdigen Bindegewebswulst aufmerksam

machen, den Kowalewsky und Owsjannikow bei den *Octopoden* zwischen *papilla* und *crista acustica* gezeichnet und beschrieben, und den Boll bestätigt. Ich möchte die Möglichkeit hervorheben, dass dieser dem Knorpelfortsatze homolog wäre, der bei *Myxine* das Centrum des Gehörbläschens durchbricht und somit die einfache Blase zu einem Ringe umbildet.

Betrachten wir nun die Verhältnisse bei *Petromyzon*, so lässt sich die complicirte Form des Gehörbläschens, die alle Theile, wie sie bei den höheren Wirbelthieren vorkommen, wenigstens in Andeutungen besitzt, leicht aus niederen Formen, namentlich auch an der Hand der Entwicklungsgeschichte ableiten.

Die Neunaugen besitzen wie *Myxine* ein einfaches Gehörbläschen, nur ist dasselbe nicht ringförmig, sondern, wie bei den meisten Evertebraten und wie im embryonalen Leben der Wirbelthiere, nachdem sich dasselbe vom äusseren Integumente, aus dem es entsteht, abgeschnürt, rundlich (Fig. 3 u. 4), immer aber treten wie bei *Myxine* die Fasern des Gehörnerven an den unteren Theil der Innenwand. An demselben sehen wir wieder wie beim Sehleimfische Differenzirungen dadurch eintreten, dass vollkommen symmetrisch (an der vorderen und hinteren Wand Fig. 3 *aa, ap*) bedeutende Ausbuchtungen, die *ampullae*, die *ampullae trifidae* der Autoren, auftreten, die sich weiter fortgebildet haben und weit selbständiger gegenüber dem übrigen Theile des Gehörbläschens, in dem sie mit rundlicher, vorne und hinten befindlicher Oeffnung münden, sind. Gleichzeitig mit diesen wichtigen, vorderen und hinteren Ausbuchtungen, der vorderen und hinteren Ampulle, mit dem oberen Ende derselben im Zusammenhange erheben sich von der vorderen oberen (Fig. 3 *sag.'*) und hinteren oberen (Fig. 3 *fr'*) Wand zwei Falten, die in der Mitte der oberen Wand (Fig. 3 u. 4) unter einem Winkel zusammenstossen und anfänglich in der ganzen Ausdehnung mit dem Inneren des Gehörbläschens communiciren, jedoch im Laufe der Entwicklung bis auf die Stelle ihrer Vereinigung sich von demselben abschnüren. Sie bilden somit zwei vom oberen Ende der vorderen und hinteren Ampulle ausgehende, gegen die Mitte der oberen Wand des ursprünglichen Gehörbläschens des *vestibulum* ziehende und in dasselbe sich öffnende, geschlossene Röhren, die der Wand desselben dicht anliegen, die beiden verticalen Bogengänge, von denen wir somit einen vorderen und hinteren unterscheiden, die beide mit der sagittalen, respective der frontalen Ebene einen Winkel von 45° bilden. Gleichzeitig sehen wir dann in der vorderen und hinteren Ampulle (Fig. 3 *sag* u. *fr*), wie bei *Myxine*, und zwar im oberen Theile derselben quer an der unteren vorderen, respektive unteren hinteren Wand eine *crista acustica* ziehen. Sind nun aber bei *Myxine* die beiden Ampullen vollkommen gleich gestaltet, so ist das bei den Neunaugen nur scheinbar der Fall,

denn wir finden zur vorderen mehr Nervenäste treten wie zur hinteren und finden nach unten und innen von der queren *crista* der vorderen Ampulle in der unteren inneren Abtheilung (Fig. 4 *ru*) (Taf. XXII. Fig. 11 *pia*) durch eine Leiste (*d*), die der hinteren fehlt, getrennt eine Einsenkung mit einer *macula acustica*, zu der ein eigener Nervenzweig zieht, den *recessus utriculi* mit der *macula acustica utriculi* auftreten. Ferner bemerken wir an der Stelle, wo die beiden Bogengänge sich vereinigen und an dem Dache des *vestibulum* münden, sowohl an der Aussen- wie an der Innenwand des *vestibulum* (Fig. 3 u. 4 *co*) dreieckige Ausbiegungen, hervorgerufen durch den Zerfall der von Ketel beschriebenen *crista frontalis* der Vorhofssäckchen in zwei divergirende Leistchen, die zusammen eine kurze aber weite Verbindungsröhre der beiden zusammenmündenden Bogengänge mit dem *vestibulum* darstellen. Es ist die Bogengangcommissur. Damit sind jedoch keineswegs alle Veränderungen des Restes des ursprünglichen Gehörbläschens des *vestibulum* erschöpft. Finden wir bei *Myxine* an dem gleichmässigen, keine Ausbuchtungen zeigenden Boden desselben (Fig. 1) eine einfache, längliche, zwischen den beiden Ampullen sich ausdehnende *macula acustica*, so sehen wir dieselbe freilich auch bei den Neunaugen ungetheilt zwischen den Ampullen sich erstrecken und sogar in derselben Form wie bei *Myxine*; allein nach hinten unten von ihrem vorderen Ende, der *macula acustica utriculi*, senkt sie sich in eine kleine, rundliche Ausbuchtung (Fig. 4 *s*), den *recessus sacculi* und nach hinten und unten wieder von diesem in einen mächtigen, sackförmigen Anhang, wie er von den Autoren beschrieben wird, in den *recessus cochleae*, den man auch schlechtweg als Schnecke bezeichnen kann (Fig. 3 u. 4 *c*). Diese enthält somit, wie der *recessus sacculi* und *utriculi*, als *macula acustica* einen Theil der grossen *macula* des Gehörbläschens, des Vorhofs überhaupt. So sehen wir denn, wie zuerst bei *Myxine* durch einfache Ausbuchtungen und Falten des einfachen Gehörbläschens symmetrisch vorne und hinten die beiden Ampullen mit ihren *cristae* und das *vestibulum* mit der *macula* unten innen entsteht, und dann bei den Neunaugen durch Erhebungen von der oberen Wand und Abschnürung die in der Mitte der oberen Wand zusammenstossenden Bogengänge, ein vorderer und hinterer, die durch eine kurze, durch Ausbuchtung des oberen Theils der äusseren und inneren Wand des *vestibulum* entstandene Röhre, die Commissur in den oberen Theil des Binnenraums des Vorhofes münden, wie dann ferner bei diesen Thieren im Bereiche der vorderen Ampulle nach unten innen und hinten von der *crista* derselben die *macula vestibuli* in einer Einsenkung, dem *recessus utriculi*, nach hinten und unten dann in einer zweiten, dem *recessus sacculi*, und nach hinten und unten davon wieder in einer mächtigen dritten, dem *recessus cochleae*, zu liegen kommt. Dieser letztere besitzt, abgesehen von den Ampullen die grösste Selb-

ständigkeit gegenüber dem Vorhofe, gehört somit zu den am frühesten gebildeten Ausbuchtungen und ragt mit dem *recessus sacculi* ein wenig abwärts von der Theilung des Stammes des *acusticus*. Damit steht uns nun der Weg zur richtigen Erkenntniss der Verhältnisse und der Bildungsweise der Theile des häutigen Labyrinthes der höheren Thiere, von den Teleostiern angefangen, offen, eine Erkenntniss, die ich auch heute nicht besser graphisch darzustellen vermag, als mittelst der beiden Holzschnitte, die Ketel nach meiner Angabe in seiner Arbeit über das Gehörorgan der *Cyclostomen* veröffentlicht und die ich auch der folgenden Darstellung zu Grunde lege.

Eine der Hauptveränderungen, die sich in dem Gehörorgane der Teleostier geltend macht und die vollkommen mit dem Gange der Entwicklung des Gehörbläschens der Wirbelthiere überhaupt in Einklang steht, wonach zuerst die Falten der verticalen Bogengänge entstehen und dann erst die des horizontalen mit seiner Ampulle auftritt, ist die Bildung einer horizontalen, äusseren Ampulle und eines entsprechenden äusseren, horizontalen Bogenganges. An der vorderen sowohl, wie an der hinteren Ampulle der Neunaugen macht sich (Fig. 3) eine äussere Ausbuchtung geltend. Zu der der vorderen, die somit die erste Andeutung einer horizontalen Ampulle (Fig. 3 *hor*) ist, zieht bei den Teleostiern ein Nerv und es bildet sich damit in ihr eine quere, zungenförmige *crista acustica* an der Aussenwand. Somit nimmt sie den Charakter einer wirklichen Ampulle an, die sich nur von den beiden verticalen in der Stellung der Gehörleiste an der Aussenwand unterscheidet (Fig. 5 u. 7 *hor*), während die *cristae* dieser an der unteren vorderen, respektive unteren hinteren Wand befindlich symmetrisch ein wenig an den Seitenwänden emporragen. Gleichzeitig damit sehen wir aus der Aussenwand des *vestibulum* (Fig. 5 u. 7 *hor'*) eine dritte Falte sich erheben, die sich allmählig wie die beiden verticalen (Fig. 5 u. 7 *sag' fr'*) abschnürt, und die dann hinten unterhalb der beiden verticalen Gänge und deren Commissur in den Binnenraum des Vorhofes mündet. Somit hat sich also ein horizontaler Bogengang gebildet. Denkt man sich nun, dass sämmtliche Theile der vorderen Ampulle, wie auch die hintere der Neunaugen bei den Teleostiern mit dem Vestibularsäckchen weiter nach hinten, respektive vorne wachsen und somit selbständiger werden, so werden ja die beiden durch Verbindungsröhren mit dem Vorhofe communiciren. Dann haben wir eine Verbindungsröhre der hinteren, frontalen, alleinstehenden Ampulle (Fig. 6. 8 *v*) und eine vordere der sagittalen, horizontalen Ampulle und des *recessus utriculi* (Fig. 5. 7. 8 *ru*), die sich in derselben Weise bei den Teleostiern wie bei den Neunaugen nur mit selbständiger *macula utriculi* findet, den *utriculus* (Fig. 5. 6. 8 *u*). Stellt man sich dann ferner vor, dass die Vestibularsäckchen unterhalb der Commissur der verticalen

Bogengänge mit der Einmündung des horizontalen, die unter einem im Ganzen rechten Winkel vor sich geht, zu einer gerade so weiten Röhre wie die Commissur der verticalen Gänge reducirt wird (siehe die Figuren in KETEL's Arbeit, Fig. A B), so haben wir (Fig. 6. 8 *co*) die Commissur der Teleostier und der höheren Wirbelthiere. Oben münden die verticalen Bogengänge, am unteren Ende einmal rechtwinklig der horizontale Gang, und dann hinten die Verbindungsröhre der hinteren, frontalen Ampulle, vorne der *utriculus* (Fig. 5. 7).

Wie verhält es sich nun mit dem aus dem Vestibularsäckchen nach unten sich erhebenden *recessus sacculi* und *cochleae*, von denen ersterer natürlich auch bei diesen Thieren nach hinten unten von dem *recessus utriculi* und dieser wieder nach hinten, respektive hinten unten von dem *recessus sacculi* sich finden muss? Beide haben sich noch mehr vom Boden des zum unteren Theile der Bogengangcommissur umgewandelten Vorhofsacks abgeschnürt und zwar in dem Grade, dass die *cochlea* (Fig. 5. 6. 7. 8 *c*), die schon bei *Petromyzon* (Fig. 3. 4 *c*) am meisten selbständig war, vollkommen von demselben abgetrennt ist und der *recessus sacculi* (Fig. 5. 6. 7. 8 *s*) durch eine enge Communication, die nach meinen Erfahrungen, entgegen denen von RETZIUS [1]), bei allen Fischen vorhanden ist mit dem unteren Ende desselben (Fig. 8), somit an der Vereinigung der Commissur, der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle und des *utriculus* zusammenhängt. Gleichzeitig damit finden wir jedoch mit Ausnahme der *Cyprinoiden*, die *Petromyzon* in dieser Beziehung näher stehen, den *recessus sacculi*, der jetzt als förmlicher, abgeschnürter *sacculus* erscheint, in einem so hohen Grade, namentlich nach vorne und hinten ausgewachsen (Fig. 5. 6 *s*) und die hinten befindliche Schnecke, die in ihrer Entwicklung nicht gleichen Schritt gehalten, überragen und sich mit der Schnecke so weit nach unten von dem Stamme des *acusticus* ausdehnen, dass in Folge der grossen Selbständigkeit, die derselbe besitzt, und der engen Communication mit den oberhalb gelegenen Theilen, die dann noch die Selbständigkeit der an der Innenwand des *sacculus* und der *cochlea* befindlichen *macula acustica* zur Folge hat, das Labyrinth der Fische und überhaupt der höheren Wirbelthiere in eine oberhalb des *acusticus* gelegene *pars superior*, und in eine unterhalb desselben befindliche *inferior* zerfällt. Jene umfasst die Bogengänge, die Ampullen, die Commissur der Bogengänge, den *recessus utriculi*, den *utriculus* und die Verbindungsröhre der hinteren Ampulle, diese den *sacculus* und die Schnecke. Trotz allen Veränderungen sehen wir aber dennoch, wie die Grundlagerungsverhältnisse der wichtigen Nervenausbreitungen in den einzelnen Abtheilungen dieselben bleiben, und zwar hinten die *crista* der

1) Anatomische Untersuchungen. Stockholm. 1872.

alleinstehenden Ampulle, vorne die der beiden zusammenliegenden, nach unten innen und hinten davon die *macula utriculi* im *recessus*, nach hinten und unten von dieser die *macula sacculi* und nach hinten, respektive hinten unten davon wieder die *macula cochleae*, die bei allen Teleostiern mit Ausnahme der *Cyprinoiden* einen kleinen Appendix am Sacke bildet, während sie bei den *Petromyzonten* und ähnlich bei den Karpfen den *sacculus* übertrifft (Fig. 7. 8 *c*).

Nun hat jedoch Retzius in seiner Abhandlung auf eine weitere Nervenausbreitung bei den Knochenfischen aufmerksam gemacht, die er als *pars basilaris* (Fig. 8 *pb*) beschreibt und der Schnecke zutheilt. Ich kann die Existenz dieser Nervenausbreitung, wie der geehrte Forscher sie beschreibt, nur bestätigen und finde dieselbe wie er als zwei kleine Flecke an der Innen- und Aussenwand der *pars superior*, etwas nach hinten von der Communication mit dem *sacculus*. Nicht so unbedingt kann ich mich aber der Deutung von Retzius anschliessen, dass sie als *pars basilaris* der Schnecke anzusehen sind, wenn auch von vorne herein ihre Lagerung im Bereiche der *pars superior* eine solche Deutung nicht ausschliesst, da dieselben bei den höheren Thieren in Folge einer etwas höheren Abschnürung der *pars inferior* von der *superior* im Bereiche des *sacculus* zu liegen kommen könnten. Was mich aber vor allem stutzig macht, ist der Mangel eines Otolithen oder einer *membrana tectoria*, die, was ich hier vorausschicken will, einer *pars basilaris* niemals fehlt und vor allem der gänzliche Mangel der Nervenausbreitung bei den *Plagiostomen*, um so mehr, weil wir finden werden, dass, wenn einmal ein Theil mit einer *macula* oder *crista acustica* mit Nervenendapparaten des Hörnerven differenzirt ist, dieser nicht verschwindet, sondern, namentlich wenn er der Schnecke angehört, in der Wirbelthierreihe sich immer mehr entwickelt. Somit dürfte er den Plagiostomen nicht fehlen. Ich halte es für möglich und meine histologischen Untersuchungen haben mir Resultate geliefert, die dem nicht entgegenstehen, es fehlen mir nur ausgedehnte Beobachtungen an ganz frischen Labyrinthen, dass wir es hier mit einem Reste des im Bereiche der Vestibularsäckchen der Neunaugen, die zum unteren Theile der Bogengangcommissur bei den Teleostiern werden, an dem sich ja die beiden Nervenendapparate finden, so ungemein ausgedehnten Flimmerepithels, des letzten Restes einer bei den Wirbellosen so ausgedehnten Bildung, zu thun haben und dass somit in der Bahn des *acusticus* ihm fremde, cerebrale Fasern verlaufen, die eigentlich als zum *facialis* gehörig anzusehen sind und als solche auch bei den Neunaugen sich darstellen.

Die *Cyprinoiden*, deren Gehörorgan mit Bezug auf Sack und Schnecke auf den ersten Blick von dem der übrigen Teleostier abzuweichen scheint, bieten nur insofern eine Differenz dar, als die hinten unten am Sacke be-

findliche Schnecke (Fig. 7. 8 *c*) mit ihrer *macula* diesen weit übertrifft, und dann, dass der Sack der einen Seite mit dem der anderen durch den *sinus impar* communicirt, dessen Existenz wohl in der Entwicklungsgeschichte, in der starken Annäherung der beiden Labyrinthblasen unten an der Basis des Schädels begründet ist und der durch die spätere Entfernung der beiden *sacculi* zu einer kurzen Verbindungsröhre ausgezogen wird.

Wenden wir uns jetzt zu dem häutigen Gehörorgane der Plagiostomen, dessen Bau vor allem durch die schönen Untersuchungen Weber's [1]), Ibsen's und Breschet's [2]) klar gelegt ist, so finden wir, dass das häutige Labyrinth der Haie sich eng an das der Teleostier anschliesst und mit demselben bis auf unwesentliche Formverschiedenheiten übereinstimmt, während allerdings das Gehörorgan von *Raja* Differenzen darbietet, die wenn auch nicht prinzipiell, doch immer bedeutend genug sind. Man kann auch bei den Haien eine durch eine enge Communication am Boden der Vereinigung der Commissur des *utriculus* und der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle mit einer *pars superior* verbundene *pars inferior* unterscheiden, von denen jene wiederum die drei Ampullen mit den Bogengängen, die Commissur, den *recessus utriculi*, den *utriculus* und die Röhre der frontalen Ampulle umfasst, während diese aus Sack und Schnecke besteht, jedoch mit dem Unterschiede, dass die beiden Abtheilungen nie so stark von einander abgetrennt erscheinen, als es bei vielen Teleostiern (*Cyprinoiden*) der Fall ist, bei denen es zur Bildung einer eigenen Verbindungsröhre kommt. Der *sacculus* (Fig. 9. 10 *s*), der, statt wie bei den Teleostiern von vorne nach hinten ausgedehnt zu sein, wie bei den höheren Wirbelthieren mehr kuglig sich darstellt, schliesst sich mit seinem oberen Theile weit inniger an die untere Fläche der Vereinigung der Commissur, des *utriculus* und der Verbindungsröhre (Fig. 10 *co. u. v*), ja sogar der Hinterwand des *recessus utriculi* (Fig. 9 *ru*) an, wie bei den meisten Teleostiern. Er liegt sogar nach aussen vom unteren Ende derselben und namentlich nach aussen von der stark gebogenen Verbindungsröhre der frontalen Ampulle (Fig. 9. 10 *v*), so dass, wie es auch schon in einem geringen Grade bei den Teleostiern der Fall, die Verbindung am äusseren Theile der Unterfläche vorhanden ist. Was die Schnecke betrifft (Fig. 9. 10 *c*), so ist dieselbe schon selbständiger geworden und hängt kappenartig hinten unten am Sacke nach abwärts übergebogen und namentlich unten durch eine tiefe Einschnürung abgesetzt. Vorne treffen wir dann (Fig. 9 *hor. sag*) die beiden zusammenliegenden Ampullen, die äussere horizontale (Fig. 9 *hor*) mit der zungen-

1) De aure animalium aquatilium. 1820.

2) Recherches anatomiques et physiologiques sur l'organe de l'ouie des poissons. 1838.

förmigen *crista* auf der äusseren, oberen Wand, die innen vorne gelegene sagittale (Fig. 9 *sag*), mit der queren etwas an den Seitenwänden symmetrisch emporsteigenden *crista*. Beide münden dann in den tiefen mit seiner *macula* nach unten und etwas nach vorne aussen gekehrten *recessus utriculi* (Fig. 9 *ru*). Hinten finden wir die durch eine lange, abwärts gebogene, zarte, medianwärts vom *sacculus* und der Schnecke verlaufende und wie bei den meisten Teleostiern, aber viel ausgeprägter unter einem stumpfen, nach abwärts offenen Winkel mit dem *utriculus* (Fig. 10 *u*) zusammenstossende Verbindungsröhre (Fig. 10 *v*) ausgezeichnete, frontale, hintere Ampulle (Fig. 9. 10 *fr*), die mit Bezug auf die Gehörleiste wie die vordere, sagittale gestaltet ist. Alle drei gehen in die wie bei den Knochenfischen um etwa 45° aus den betreffenden Ebenen weichenden Bogengänge den horizontalen, äusseren (Fig. 9 *hor'*), den sagittalen, vorderen (Fig. 9 *sag'*), den frontalen, hinteren (Fig. 9 *fr'*) über, von denen letztere in eine kurze, weite, cylindrische Commissur (Fig. 10 *co*) münden, in deren unteres Ende von aussen nach innen rechtwinklig, wie bei den Teleostiern, der horizontale sich öffnet. Diese letztere Einmündung (Fig. 9) ist so weit nach vorne hin ausgedehnt, dass es den Anschein hat, als ob der sagittale und der horizontale Bogengang sich zuerst vereinigten.

Weicht nun so das häutige Labyrinth der Haie nicht wesentlich von dem Typus ab, den wir, von den Neunaugen angefangen, durch die Reihe der Teleostier verfolgten, so dass auch bei ihnen der *recessus utriculi* nach unten, hinten, innen von den vorderen, zusammenliegenden Ampullen, der *sacculus* nach hinten unten vom *recessus utriculi*, die Schnecke nach hinten unten vom Sacke gelagert war, so ist dasselbe auch bei den *Rajae* mit Bezug auf das eben erwähnte wichtige Verhältniss, mit Bezug auf die Lage der horizontalen und sagittalen Ampulle vorne, der frontalen hinten, des horizontalen Bogenganges aussen, des sagittalen vorne, des frontalen hinten der Fall (Fig. 11. 12), allein wir sehen nicht die beiden verticalen Bogengänge zu einer Commissur zusammentreten, auch nicht die Verbindungsröhre der hinteren Ampulle (Fig. 12 *v*) in das hintere Ende des *utriculus* (Fig. 12 *u*) münden, sondern wir finden, dass der hintere, frontale Bogengang (Fig. 12 *fr'*) mit der Verbindungsröhre (Fig. 12 *v*) sich in den hinteren, oberen Theil des *sacculus* (Fig. 12 *s*) öffnet. Ausserdem vereinigt sich der vordere, sagittale (Fig. 12 *sag'*) Bogengang, nachdem er, wie bei den übrigen Fischen, oberhalb des *sacculus* unter rechtem Winkel den horizontalen (Fig. 11 *hor'*) aufgenommen, mit der Oberwand des *utriculus* (Fig. 12 *u*) und mündet in denselben. Kommt es nun somit nicht zur Bildung einer eigentlichen Bogengangcommissur, so zeigen die Rochen auch ferner das Eigenthümliche, wie ich das in der vorigen Abhandlung auseinandergesetzt, dass die *pars superior* und *inferior* im erwachsenen Zustande indirekt mit einander communi-

ciren, und zwar durch zwei Röhren, die trichterförmig (Fig. 12 *de*) aus ihrer Innenwand emporziehen und die das untere Ende des *recessus labyrinthi*, des *ductus endolymphaticus* darstellen. Wahrscheinlich ist die Communication im embryonalen Leben so einfach, wie bei den übrigen Fischen.

Welche Erklärung hat man nun für diese Eigenthümlichkeiten, die eine principielle Abweichung im Baue des Gehörorgans zu bedingen scheinen und somit ein schweres Gewicht zu Ungunsten der Annahme der continuirlichen Fortbildung in die Wagschale werfen würden? Sie finden einmal ihren Grund in der frühzeitigen, vor der Bildung der Bogengänge, der Ampullen, der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle, des *utriculus* vor sich gehende Abschnürung des Labyrinthbläschens in eine *pars superior* und *inferior*, und dann darin, dass diese Abschnürung bei den Rochen nicht wie bei den Knochenfischen, den Haien und übrigen Wirbelthieren in transverseller Richtung, sondern mehr senkrecht vor sich zu gehen scheint, so dass eine vordere obere und eine hintere untere Abtheilung sich findet. Dadurch werden sich die vorne gelegenen Theile, die zusammenliegenden Ampullen mit dem horizontalen und sagittalen Bogengange aus der oberen vorderen Abtheilung, die dann zum *utriculus* und *recessus utriculi* wird, entwickeln und in ihr einmünden, während die hintere Ampulle mit dem frontalen Bogengange und der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle aus dem hinteren unteren Theile, der dann zum *sacculus* und zur Schnecke wird, sich herausbildet und in ihn einmündet. Dabei bleibt natürlich die gegenseitige Lagerung der einzelnen Theile, der zusammenliegenden Ampullen mit ihren *cristae* vorne, der frontalen Ampulle hinten, des horizontalen Bogenganges aussen, des sagittalen vorne, des frontalen hinten, die Lage des *recessus utriculi* nach unten innen und hinten von den vorderen Ampullen, des *sacculus* mit seiner *macula* nach unten und hinten von der *macula utriculi*, und der sehr selbständigen nach hinten unten vom Sacke gelegenen Schnecke unverändert. Somit sehen wir, dass das häutige Gehörorgan der Plagiostomen nicht wesentlich von dem der Teleostier verschieden, dass beide nach dem durch *Petromyzon* und weiter durch *Myxine* angedeuteten Typus gebaut sind und was dann die *Ganoiden* betrifft, so lehren die Untersuchungen von Bruch, dass hier keine Abweichungen von den Knochenfischen zu suchen, wie das auch von vorne herein nach dem Verhalten der Gehörkapsel zu erwarten.

Die Amphibien, von denen *Siredon pisciformis*, *Triton cristatus*, *Salamandra maculata* und *Rana temporaria* und *edulis* auf's Neue untersucht wurden, schliessen sich innig an die Fische an und zeigen nur eine wesentliche Fortbildung mit Bezug auf die Schnecke. Auch bei ihnen haben wir eine *pars superior* und *inferior* (*sacculus* und Schnecke), die nur

durch eine verhältnissmässig enge Querspalte mit einander communiciren. Dieselbe befindet sich wie bei den Fischen (ausgenommen *Raja*) an dem unteren Theile der Vereinigung der die *pars superior* zum grössten Theile constituirenden Abtheilungen, der Bogengangcommissur, des *utriculus* und der Verbindungsröhre der hinteren, alleinstehenden Ampulle, und zwar aussen. Die *pars superior* verhält sich bei sämmtlichen Amphibien im Wesentlichen übereinstimmend, und der Hauptunterschied besteht nur darin, dass von *Siredon* (Fig. 13) bis zu *Rana* (Fig. 20) ein immer stärkeres Erheben der Bogengänge, eine immer stärkere Krümmung und zugleich ein näheres Zusammenrücken der vorderen und hinteren Theile durch stärkere Drehung, namentlich der hinteren Ampulle (Fig. *fr*), nach aussen vorne sich geltend macht, so dass also die Bogengänge, namentlich die verticalen bei *Siredon* (Fig. 13 *hor'*, *sag'*, *fr'*) mehr flach, bei *Triton* (Fig. 15) und *Salamandra* (Fig. 17) schon stärker, bei *Rana* (Fig. 19) noch stärker gekrümmt erscheinen und zu gleicher Zeit die Bogengänge sich immer weniger aus den betreffenden Ebenen entfernen, aus denen sie bei *Rana* etwa um 30° abweichen. Auch hier haben wir wieder (Fig. *hor*, *sag*) die vorderen, zusammenstehenden Ampullen, aussen die horizontale (Fig. *hor*), vorne innen die sagittale (Fig. *sag*), jene mit zungenförmiger, senkrecht stehender *crista* an der oberen äusseren Ampullenwand, diese mit einer im Wesentlichen horizontalen, quer am Boden, nur wenig an den Seitenwänden gleichmässig emporragenden Gehörleiste. Beide münden in den hinten innen und unten gelegenen *recessus utriculi* (Fig. *ru*), von dem die Röhre des *utriculus* (Fig. *u*) nach oben innen und hinten zieht. Hinten haben wir ferner die frontale Ampulle (Fig. *fr*), deren am Boden befindliche Gehörleiste sich wie in der sagittalen verhält. Die nach oben, innen und vorne ziehende Verbindungsröhre (Fig. *v*) stösst dann unter einem nach unten hin offenen, bei *Triton* (Fig. 16) und *Salamandra* (Fig. 18) am wenigsten stumpfen Winkel mit dem *utriculus* zusammen und nimmt hier von oben her die Commissur auf (Fig. *co*), die an ihrem unteren Ende aussen die Einmündung des horizontalen Ganges zeigt, welche sowohl bei den Teleostiern, wie bei den Plagiostomen und allen Amphibien oberhalb der hinteren Ampulle nach innen vorne gegen die Commissur, die bei sämmtlichen Amphibien, wie bei den Plagiostomen sehr kurz ist, umbiegt. Beifügen will ich hier, dass bei den Knochen- und Knorpelfischen und bei sämmtlichen übrigen Wirbelthieren bis zu dem Menschen empor die hintere Ampulle immer tiefer steht, wie die vorderen.

Die wichtigsten Veränderungen gehen nun mit der *pars inferior*, mit dem Sacke, respektive der Schnecke vor sich. Wir sehen den oberen Theil der *pars inferior* sich in dem Raume zwischen den vorderen Ampullen und der hinteren ausdehnen und den übrigen Theil abwärts

ragen. Der obere Theil des *sacculus* legt sich aussen etwas vor die Verbindungsröhre der frontalen Ampulle mit dem *utriculus*, unterhalb der Einmündung des horizontalen Ganges, bei *Triton* und *Salamandra* (Fig. 15. 17) mehr, wie bei *Siredon* (Fig. 13). Gleichzeitig finden wir aber, dass der *sacculus* (Fig. 13 *s*), der Hauptbestandtheil der *pars inferior*, dessen, wie bei allen bisher betrachteten Thieren, an der Innenwand gelegene *macula* nach unten und hinten von dem *recessus utriculi* liegt, relativ immer bedeutender wird und zu gleicher Zeit eine viel regelmässigere Kugelgestalt annimmt als bei den Plagiostomen, bei denen derselbe wenn auch nicht so stark, wie bei den Teleostiern, doch immer mehr in die Breite gezogen erscheint. Ferner sehen wir, dass an der Innenwand Differenzirungen auftreten, von denen man bei keinem Fische irgend eine Spur zu entdecken vermag. Wir haben freilich an dem inneren Theile der Hinterwand des *sacculus* abwärts ragend (Fig. 13 *lag*) und durch eine tiefere, untere Einschnürung wie bei den Plagiostomen abgesetzt, die Aussackung, die wir als Schnecke bezeichneten, mit ihrer *macula acustica*, allein bei *Siredon* und *Triton* (Fig. 14. 16 *pi*), bei jenen etwas kleiner und rundlich, bei diesen etwas grösser und queroval, finden wir an der Innenwand, unmittelbar unter und medianwärts von der spaltförmigen Communication mit der *pars superior* eine Ausbuchtung, zu der sich ein Nervenfädchen begiebt und die an ihrer Binnenwand hinten unten eine *macula acustica* trägt. Diese Ausstülpung der Sackinnenwand gewinnt von jetzt an eine gewisse Bedeutung. Ich will für dieselbe, in Ermangelung eines besseren, den Namen des Anfangstheils der Schnecke, wie ich denselben zuerst bei den Fröschen nannte, beibehalten. Die Grössenzunahme dieser Ausbuchtung bei *Triton* (Fig. 16 *pi*) ist begleitet von einer grösseren Selbständigkeit und Grössenzunahme der eigentlichen Schnecke (Fig. 16 *lag*), die wir jetzt als Endtheil derselben, als *lagena* oder Kuppelblindsack bezeichnen.

Sehen wir nun zu, wie diese einzelnen Ausbuchtungen sich bei den *Salamandrina* verhalten, und welchen Veränderungen der Sack selber unterliegt, so finden wir ihn (Fig. 17. 18 *v*) immerhin noch eine Ausdehnung wie bei *Siredon* und *Triton* besitzen, nur dass er noch vollkommener kuglig ist, wie bei diesen Thieren, und vor allen Dingen finden wir, dass die hinten und innen aus dem *sacculus* sich erhebende, eigentliche Schnecke (Fig. 17. 18 *lag*), die *lagena*, noch grösser ist, wie bei *Triton*, und über die Hinterwand des Sackes hinaus abwärts ragt und durch eine tiefere, untere Einschnürung ihm gegenüber abgesetzt ist. Eine wesentlichere Veränderung ist aber mit dem Anfangstheile der Schnecke (Fig. 18 *pi*), der auch hier eine *macula* trägt, vor sich gegangen. Derselbe hat sich von der Oeffnung des *sacculus* in die *pars superior* weiter nach abwärts und vor allen Dingen nach hinten geschoben und kommt somit, statt ge-

rade unterhalb des Endes der Innenwand der Bogengangcommissur, unter dem vorderen Theile der Verbindungsröhre der frontalen, hinteren Ampulle (Fig. 18 *v*) zu liegen, erscheint aber im Uebrigen wie bei *Triton* länglich oval. Da nun aber die Lage der *lagena* zum *sacculus* bei *Salamandra* im Wesentlichen unverändert geblieben ist, so hat sich gleichzeitig der Anfangstheil der Schnecke dem Endtheile, der *lagena*, genähert und liegt nach oben und vorne von derselben. Damit sind jedoch die Modificationen nicht erschöpft, sondern nach hinten und etwas nach unten vom Anfangstheile zwischen ihm und der *lagena* macht sich eine neue, rundliche Ausbuchtung des *sacculus* und zwar im Bereiche der äusseren Wand des *ductus endolymphaticus* (Fig. 18 *de*) geltend und diese (Fig. 18 *pb*) zeichnet sich dadurch aus, dass, während die Wände der beiden vorderen Ausbuchtungen ziemlich gleichmässig erscheinen, der Grund dieser zu einer zarten Membran verdünnt ist, während der übrige Theil einen verdickten, knorpelartigen Ring darstellt, an dessen hinteren Theil ein Nerv tritt, und der dann hier eine *macula acustica* zeigt. Diese Ausbuchtung ist die *pars basilaris* der Schnecke, die aus einer zarten *membrana basilaris* und dem Knorpelringe besteht.

Somit haben wir denn als einfache Ausstülpungen der inneren Sackwand sämmtliche Theile, aus denen sich die Schnecke der höheren Wirbelthiere aufbaut, ohne dass neue, wesentliche Elemente hinzutreten. Die Schnecke besteht also bei den *Salamandrina* zum ersten Male aus drei Theilen mit unter sich und von der *macula acustica sacculi* getrennten *maculae*, aus dem Anfangstheile, dem mittleren, der *pars basilaris*, und dem Endtheile, der *lagena*, alle drei hinten und innen am *sacculus* befindlich. Ueber die beiden letzteren namentlich spannt sich dann als Aussenwand die Aussenwand des Sacks. Somit hat also auch bei diesen Amphibien wie bei den Fischen nur die *lagena*, der Kuppelblindsack, eine gewisse Selbständigkeit und Unabhängigkeit gegenüber dem *sacculus*.

Dieses Verhältniss ändert sich nun aber bei den Fröschen. Sämmtliche Schneckentheile (Fig. 19. 20) werden grösser und erlangen dadurch und durch Abschnürung von der Seitenwand eine bedeutendere Selbständigkeit. Wenn dieselben auch sämmtlich fortfahren in weiter, offener Verbindung mit dem Binnenraume des *sacculus* zu stehen, so lassen sie sich dennoch, was bei den übrigen Amphibien mit Ausnahme der *lagena* nicht möglich, von der Sackinnenwand und deren *macula acustica*, die auch hier nach hinten unten von dem *recessus utriculi* liegt, isoliren. Die Grössenzunahme, namentlich des Endtheils (Fig. 20 *lag*), der *lagena* und des Anfangstheiles (Fig. 20 *pi*), hat aber weiter die Folge, dass die drei Theile, ohne im Wesentlichen ihre Lage zu verändern, einander näher rücken und dass, wenn auch die *maculae* fortfahren getrennt zu bleiben, dennoch die übrige Zellbekleidung aus einer Abtheilung in die andere

übergeht, so dass dieselben damit ein zusammenhängendes Ganze darstellen. Der Anfangstheil (Fig. 20 *pi*) liegt unter der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle am weitesten oben, dann folgt hinten und unten die *pars basilaris* (Fig. 20 *pb*) und unterhalb dieser die *lagena* (Fig. 20 *lag*). Der Anfangstheil aber und die *lagena* sind wegen ihres bedeutenden Wachsthums einander näher gerückt, als bei den Salamandrinen, und das ist ausserordentlich wichtig. Weiter finden wir als Folge der Grössenzunahme der Schneckenabtheilungen, die wesentlich dadurch entstanden, dass immer grössere Abschnitte der Sackinnen- und Hinterwand in diese Ausbuchtungen eingegangen sind, den Sack (Fig. 19. 20 *s*) in seiner Ausdehnung beschränkt. Derselbe füllt nicht den ganzen Raum zwischen den vorderen Ampullen, respektive dem *recessus utriculi* und der hinteren Ampulle aus, sondern durch die hinten, unter der Verbindungsröhre der alleinstehenden Ampulle gelagerte Schnecke wird derselbe abgedrängt, nach vorne hin gleichsam reducirt, und nur mehr unter und etwas nach aussen von dem *recessus utriculi*, dem *utriculus* selber und der Vereinigung des letzteren mit der Commissur und der Verbindungsröhre der hinteren frontalen Ampulle, nach unten und hinten von den vorderen zusammenstehenden Ampullen gelagert sein, im übrigen aber seine kugelige Gestalt beibehalten. Schliesslich sehen wir dann auch Hand in Hand mit den wichtigen Veränderungen an der Sack-Hinter- und Innenwand, mit der grösseren Selbständigkeit, die Anfangs Basilar- und Endtheil der Schnecke erlangen, und mit dem Zusammenrücken derselben zu einer zusammenhängenden Bildung eine Differenzirung in der Aussenwand des *sacculus* eintreten. Derjenige Theil der Sackaussenwand, der sich über die Oeffnungen der Schneckenabtheilungen in den Sackbinnenraum hinüberspannt (Fig. 19 *mr*), wird derber, trennt sich leichter von der übrigen, eine ausserordentlich zarte Membran repräsentirenden Wandung und bildet gleichsam eine den Schneckenraum deckende, immerhin aber mit der eigentlichen Sackaussenwand continuirlich in Verbindung stehende Schale. Damit sehen wir denn zum ersten Male eine Andeutung einer selbständigen Aussenwand der *cochlea* auftreten, eine *membrana Reissneri*. Der Schneckenbinnenraum also, zwischen der *membrana Reissneri*, der modificirten Sackaussenwand und den drei Ausbuchtungen befindlich, ist innen durch diese, aussen durch jene, hinten durch die Vereinigung der Reissnerschen Haut mit dem hinteren äusseren Rande der drei Schneckenabtheilungen, und unten blindsackartig durch die tief abgeschnürte *lagena* geschlossen, steht aber vorne oben weit gegen den Binnenraum des *sacculus* offen, der dann wieder, wie schon beschrieben, durch die Querspalte mit dem Binnenraume der *pars superior* communicirt.

Was nun die Form der einzelnen Schneckenabtheilungen betrifft, so

hat sich die *lagena* (Fig. 20 *lag*), abgesehen davon, dass sie grösser und stärker abgeschnürt ist, nicht geändert und trägt ihre *macula*, wie bei den übrigen Amphibien, an der Innenfläche. Dagegen sehen wir die *pars basilaris* (Fig. 20 *pb*) viel deutlicher ausgeprägt, als bei den *Salamandrina* und etwas grösser, und wenn ich nicht ganz vollkommen sicher bin, ob dieser Theil beim Salamander einen Nerven bekommt und somit eine *macula* trägt, wie ich es glaube, so ist jedenfalls bei den Fröschen ein solcher Nervenast und eine *macula* vorhanden, und zwar begiebt sich der Nerv, der aus dem mit dem *sacculus* nach vorne getriebenen *ramus sacculi* kommt, an die vordere Hälfte des ringförmigen Knorpels, der somit an seiner Innenfläche die *macula* trägt, während die hintere Hälfte und die *membrana basilaris* frei bleibt. Demnach können wir an der *pars basilaris*, an dem Knorpelringe einen vorderen Nervenknorpel und einen hinteren, indifferenten unterscheiden, welchem letzteren wir aus vergleichend anatomischen Gründen den Namen des *ligamentum spirale*, des dreieckigen Knorpels, beilegen wollen. Am meisten modificirt erscheint die obere Ausstülpung der Sackinnenwand, der Anfangstheil der Schnecke (Fig. 20 *pi*), von dem ich nur bemerken will, dass derselbe bei den Fröschen mit seiner oberen Wand an die untere der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle festgewachsen ist. Derselbe ist einmal stark in die Quere und dann auch nach oben und unten gewachsen und wird dadurch, wie bereits erwähnt, der *lagena* mehr genähert, als das bei den *Salamandrina* der Fall. Gleichzeitig wird er in zwei Hälften, eine vordere und hintere, getheilt, und zwar dadurch, dass eine Knorpelbrücke, die zur Aufnahme des wie bei den übrigen Amphibien herantretenden Nervenastes dient, die Oeffnung gegen den Binnenraum des *sacculus* in der Mitte überwölbt und den Nerven statt an die untere hintere Wand desselben gegen die obere leitet, die dann die *macula acustica* trägt.

Nach dieser Schilderung der für das Verständniss, namentlich der Schnecke der höheren Wirbelthiere, so überaus wichtigen morphologischen Verhältnisse des häutigen Labyrinthes der Amphibien wenden wir uns jetzt zur Classe der Reptilien, von denen ich die Schlangen, Blindschleichen, Eidechsen, Schildkröten und Crocodile untersucht. Auch bei ihnen (Fig. 21—27) theilt sich das Gehörbläschen in eine *pars superior* und *inferior* mit denselben Bestandtheilen, wie bei den meisten Fischen und bei den Amphibien, allein, während wir in der letzteren Classe eine immerhin relativ beträchtliche, spaltförmige Communication zwischen den beiden Abtheilungen finden, die viel bedeutender als bei den Fischen ist, so sehen wir dieselbe bei den Reptilien, wenn auch an derselben Stelle, wo sie bei den niederen Classen befindlich, dennoch beträchtlich enger werden und sich auf eine ungemein feine Oeffnung reduciren. Diese steht wie bei den Fischen der immerhin engen Oeffnung des *ductus*

endolymphaticus bedeutend an Weite nach, so dass also *pars superior* und *inferior*, der Bogengangapparat, das eigentliche Labyrinth, und Schnecke und Sack fast vollkommen abgetrennt erscheinen. Ferner finden wir, dass, während die *pars superior*, wie bei den bisher betrachteten Classen, nur geringe Modificationen in ihren einzelnen Elementen erfährt, die *pars inferior* dagegen, Schnecke und Sack wieder beträchtliche Veränderungen zeigt, die sich dahin präcisiren lassen, dass die Schnecke von den Schlangen bis zu den Crocodilen immer mehr und mehr auswächst, wie wir das schon durch die ganze Reihe der Fische und Amphibien beobachtet, während der von den Batrachiern bis zu den Schlangen reducirte Sack (Fig. 19—22) bis zu den Eidechsen (Fig. 23. 24 *s*) immer mehr sich entwickelt, und dann bei den Schildkröten und Crocodilen (Fig. 25—27 *s*) wieder reducirt erscheint. Ich will zunächst wie bei den Amphibien die *pars superior* in allen Abtheilungen schildern, dagegen wird die *pars inferior* Gegenstand einer besonderen Betrachtung sein.

Die *pars superior* besteht wieder, wie bei den bisher betrachteten Thieren, aus den drei Ampullen, den zugehörigen Bogengängen, dem *recessus utriculi*, dem *utrieulus* selber, der Commissur der Bogengänge und der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle. Von den drei Ampullen liegen zwei vorne, die horizontale (Fig. *hor*) aussen, die sagittale (Fig. *sag*) innen vorne, und beide liegen zugleich etwas höher, als die hintere (Fig. *fr*) frontale. Der Abstand derselben ist bei den Schlangen, Eidechsen und Crocodilen ein beträchtlicherer, als bei den Schildkröten (Fig. 25), bei denen dieselben gedrängter zusammenstehen. Die *crista aeustica* der horizontalen ist, wie bei den bisher betrachteten Vertebraten, zungenförmig, quer an der oberen und äusseren Wand der Ampulle gelagert, nimmt dagegen in den beiden verticalen die Mitte der unteren Fläche, den Boden, ein und ragt gleichmässig etwas an den Seitenwänden empor. Sie ist einfach bei den Schildkröten, wie bei den Fischen und Amphibien, bei den Crocodilen zeigt sie dagegen an der Mitte der Seitenwände schwache Leisten, die, bei den Schlangen, Blindschleichen und Eidechsen höher geworden, den *cristae* der verticalen Ampullen eine Kreuzgestalt geben (*septum eruciatum* nach Steifensand). Die verticalen Bogengänge sind bei den Schlangen und Crocodilen (Fig. 21. 27 *sag' fr'*) flach, bei jenen mehr, bei diesen weniger, bei den Blindschleichen, Eidechsen und Schildkröten (Fig. 23. 25 *sag' fr'*) dagegen gekrümmter und zwar am stärksten bei den Schildkröten, bei denen (Fig. 25) sie aber zugleich kürzer erscheinen, da der Abstand der vorderen Ampullen von der hinteren, wie erwähnt, beträchtlich geringer, als bei den übrigen Reptilien, und somit die Ampullen der Commissur bedeutend mehr genähert sind. Unter einem mehr oder minder spitzen (am spitzesten bei den Schildkröten), nach oben hin offenen Winkel gehen die verticalen Bogengänge in

die Commissur (Fig. 22. 24. 26. 28 *co*) über, die bei den Schlangen (Fig. 22 *co*) am kürzesten, bei den übrigen Reptilien etwas länger erscheint und zu gleicher Zeit bei den Schildkröten (Fig. 26 *co*) eine ziemlich weite Röhre darstellt. Sie nimmt am unteren Ende von aussen her das ampullenförmig erweiterte Ende des horizontalen Ganges (Fig. *hor'*) auf. Die Einmündung ist, und zwar bei den Eidechsen am ausgeprägtesten, nach innen und abwärts gerichtet. Die Bogengänge weichen, wie bei den Amphibien, sämmtlich um etwa 30° aus den entsprechenden Ebenen. Von allen drei Bogengängen erscheint nicht blos bei den Reptilien, sondern auch bei sämmtlichen bisher betrachteten Wirbelthieren, ausgenommen die *Cyclostomen*, der sagittale Bogengang länger, als der frontale. Die Verbindungsröhre der hinteren, alleinstehenden Ampulle (Fig. 22. 24. 26. 28 *v*) ist länger bei den Schlangen, Blindschleichen und Eidechsen, bei letzteren mehr wie bei ersteren, ähnlich wie es unter den Amphibien mit *Siredon*, *Triton* und *Salamandra* der Fall, etwas kürzer bei den Crocodilen (Fig. 28 *v*), am kürzesten bei den Schildkröten (Fig. 26 *v*), wie unter den Amphibien bei den Fröschen, und verbindet sich bei den Schlangen, wie bei den niederen Amphibien, unter einem nach unten hin offenen, stumpfen Winkel, der bei den Blindschleichen und Eidechsen viel spitzer erscheint, bei den Crocodilen aber wieder viel abgeflachter ist und bei den Schildkröten ganz flach, wie bei den Fröschen sich darstellt, mit dem hinteren Ende des nach innen hinten, eventuell nach oben gehenden *utriculus* (Fig. 22. 24. 26. 28 *u*). An der Vereinigung beider sehen wir von oben her die Commissur der Bogengänge münden. Der *recessus utriculi* liegt an der Unterfläche des vorderen, äusseren Endes des *utriculus* (Fig. *ru*) medianwärts, hinten und unten von den vorderen Ampullen, die sich entweder beide in denselben öffnen, immer aber vorzugsweise die sagittale, oder die sagittale öffnet sich mittelst einer schmalen Spalte, wie bei den Crocodilen, allein in denselben, nachdem sie vorher die horizontale aufgenommen.

Sehen wir nun bei den Fröschen die drei Theile der Schnecke, Anfangstheil, *pars basilaris*, Endtheil oder die *lagena* dicht zusammengedrängt, am hinteren Ende des *sacculus* nach aussen hin von einer aus der Sackaussenwand differenzirten *membrana Reissneri* überlagert, aber immer noch jeden für sich eine Vertiefung an der Sackwand darstellen und weit offen gegen das *lumen* des Sacks stehen, jedoch durch die Entwicklung dieser Theile den Sack bereits reducirt, so ist das in einem noch höheren Masse bei den Schlangen der Fall. Zugleich sind aber die Schneckentheile so ausgewachsen, dass sie bei sämmtlichen Reptilien mit ihrem Endtheile, der *lagena* (Fig. *lag*) an der Hinterwand des *sacculus* (Fig. *s*) abwärts ragen, wie es ähnlich bereits mit der einfachen Schnecke der Fische, namentlich der Plagiostomen, die der *lagena* oder

dem Kuppelblindsacke der höheren Wirbelthiere homolog, der Fall war. Mit diesem Auswachsen ist zugleich eine stärkere Abschnürung der Theile von der Hinterwand des *sacculus* verbunden und nimmt man nun noch hinzu, dass der bei den Frösehen mit der Unterwand der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle verwachsene Schneckenanhang bei den Reptilien dureh eine tiefe Ineisur von derselben getrennt ist, so dass derselbe und somit die ganze Schnecke noch weiter abwärts von der *pars superior* zu liegen kommt, so haben wir damit wieder das reine Verhältniss, welches die Sehnecke der Fisehe, das Homologon der *lagena* der höheren Wirbelthiere, zum Saek zeigte, dass nämlich sämmtliche Schneckentheile der Reptilien mit ihren *maculae acusticae* naeh unten hinten von demselben und seiner *macula* zu liegen kommen, die dann trotz aller Formverschiedenheit wieder nach unten hinten von der *macula* des *recessus utriculi* liegt. Die sämmtlichen Theile der Schnecke sind somit viel weiter von der *pars superior*, namentlich der hinteren, frontalen Ampulle und deren Verbindungsröhre entfernt, als es bei den Amphibien der Fall war. Mit der wachsenden Selbständigkeit der aus der Sackinnenwand differenzirten *partes cochleae* wächst dann aber zugleich aueh die Selbständigkeit der aus der Sackaussenwand gebildeten, dieselbe über die Sehnecke fortsetzenden *membrana Reissneri* (Fig. *mr*) und begreiflieherweise die Selbständigkeit des Schneckenbinnenraumes, dem wir bei diesen Thieren zum ersten Male als zusammenhängender Räumlichkeit, als *scala media s. cochlearis*, begegnen werden.

Was zunächst die Schlangen betrifft (Fig. 21. 22), so finden wir, wie eben erwähnt, dass Hand in Hand mit der Ausbildung der Schneeke der Saek (Fig. 21. 22 *s*) noch weiter reducirt ist, als bei den Fröschen. Derselbe steht mittelst des wie bei den Amphibien bei allen Reptilien an dem äusseren Theile der Unterwand der Vereinigung des *utriculus* mit der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle befindlichen *foramen sacculo-utriculare* mit der *pars superior* in Verbindung und überragt mit seinen oberen Theilen ein wenig die Aussenfläche der *pars superior*, namentlich der Vereinigung der dieselbe zusammensetzenden Röhren. Er ist mehr oval, einigermassen platt, steht schräge von oben hinten, nach unten vorne und reieht vom äusseren Theile der Unterfläche des *utriculus*, bis zum *recessus*. Seine *macula* befindet sich gewöhnlich am unteren Theile der Innenwand. Die etwas stärker gewölbte Aussenwand ist, wie bei allen bisher betrachteten Thieren, ausserordentlich zart. Bei den Blindschleichen und Eidechsen, die vollkommen identische Verhältnisse zeigen, ein fernerer Beweis, dass *anguis fragilis* den Eidechsen näher steht, als den Schlangen, finden wir dagegen den *sacculus* (Fig. 23. 24 *s*), ohne dass sieh damit die Lage der Oeffnung in die *pars superior* wesentlich ändert, wie bei keinem anderen Wirbelthiere, namentlich nach

oben hin, kolossal ausgewachsen und nahezu eine kuglige Blase bilden, die sich unterhalb der Unterfläche der *pars superior* nach oben hin in dem ganzen Umfange des horizontalen Bogenganges bis an das Commissurenende der verticalen Bogengänge, lateralwärts von der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle, dem Ende des horizontalen Ganges der Commissur und dem *utriculus* ausdehnt. Dabei bleibt die *macula* immer noch wie bei den Schlangen, Amphibien und den Fischen unterhalb des *foramen sacculo-utriculare* am unteren Theile der Innenwand, nach unten und hinten von der *macula utriculi* gelagert. Bei den Schildkröten (Fig. 25 *s*) erscheint der *sacculus* mehr dem der Schlangen ähnlich und liegt mit seinem oberen Theile ebenfalls nach aussen von dem unteren Theile der Aussenwand der *pars superior*, dehnt sich aber nach unten hin weiter als bei den Schlangen aus. Er ist nicht länger oval, sondern rundlich, aber etwas von aussen nach innen abgeplattet und sein grösster Durchmesser entspricht dem Abstande zwischen den vorderen Ampullen und der hinteren, namentlich bei *Testudo*, weniger schon, und das ist wiederum ein Zeugniss für die niedrigere Stellung in der Thierreihe, bei *Chelonia midas*. Bei ihnen beträgt der grösste Durchmesser kaum $^3/_4$ des Abstandes. Auch hier befindet sich die *macula* wieder am unteren Theile der Innenwand und der Aussenwand. Relativ kleiner erscheint schon der *sacculus* bei den Crocodilen (Fig. 27. 28 *s*), ist aber mehr kuglig und noch weiter in die Breite gedehnt, wie bei *Testudo graeca*, aber niedriger. Sein Querdurchmesser entspricht dem Abstande der Ampullen und er überlagert, wie bei den Schlangen und Schildkröten, mit seinem oberen Theile ebenfalls den unteren Theil der Aussenfläche der *pars superior*.

Die Schnecke nun, die interessanteste Abtheilung des häutigen Gehörorganes, bietet die meisten Modificationen dar, und in dem Ausdrucke die Schnecke, im Gegensatze zu den Schneckenabtheilungen der Amphibien, liegt zum Theil schon die Grundmodification, der wir zuerst bei den Schlangen begegnen, angedeutet, das Verschmelzen der bei den Fröschen immerhin noch von einander gesonderten, wenn auch nahe aneinander liegenden Schneckenabtheilungen zu einem Ganzen und der Vereinigung der drei gesonderten Binnenräume der Ausbuchtungen der inneren Sackwand bei diesen Thieren zu einem einzigen Raume, der *scala cochlearis* oder *media*, die mittelst einer Oeffnung mit dem *lumen* des *sacculus* communicirt. Somit ist die einheitliche Schnecke der Reptilien nicht mit der der Fische zu verwechseln, die, wie ich bereits hervorgehoben, nur einen Theil der der Reptilien darstellt, ein Homologon des Schneckenendes, der *lagena* oder des Kuppelblindsackes ist, der sich bei den Wirbelthieren im Laufe der Entwicklung zuerst aus dem Labyrinthbläschen, *in specie* aus dem *sacculus* differenzirt. Auf welche Weise verschmelzen nun aber die drei Schneckenabtheilungen der Frösche zu

der einen Schnecke bei den Schlangen, ganz abgesehen von den Veränderungen in der Form, denen jede einzelne unterliegt? Bemerken will ich von vorne herein, um Missverständnissen vorzubeugen, dass ich durchaus nicht der Meinung huldige, dass sich während der Entwicklung der Schlangen zuerst aus der Sackwand die drei Abtheilungen der Schnecke wie bei den Fröschen etwa bilden und nachträglich zu einer Masse verschmelzen, ich gebrauche diese Ausdrucksweise nur, weil ich glaube, dass dadurch die immerhin complicirten Verhältnisse klarer werden. Ich bin mir sehr wohl bewusst, dass sich der zusammenhängende Schneckenraum auch zusammenhängend aus dem Sacke entwickelt und sich erst dann differenzirt, womit uns aber, meiner Meinung nach, vergleichend anatomisch für das Auffinden der Homologien nicht sonderlich gedient ist.

Wir fanden bei den Fröschen (Fig. 20) die drei Abtheilungen so gelagert, dass oben unter der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle der Anfangstheil (*pi*) und nach hinten und etwas nach unten davon die *pars basilaris* (*pb*) gelagert war, während gerade nach unten von dem ersteren die *lagena*, der Endtheil (*lag*) sich fand, der, wenn er auch nicht unmittelbar an den Anfangstheil stiess, doch demselben ausserordentlich nahe lag. Das ist nun in einem noch viel höheren Grade bei den Schlangen der Fall, da der Anfangstheil (Fig. 21 *pi*) besonders stark nach abwärts gewachsen ist, und zwar in einem so hohen Grade, dass derselbe einmal nach unten hinten die *pars basilaris* (Fig. 21. 22 *pb*) berührt und von ihr nur durch einen starken, ziemlich senkrechten Kamm getrennt wird (siehe Taf. XXX), dann aber auch nach unten an die *lagena* (Fig. 21. 22 *lag*) stösst und mit derselben so innig verschmilzt, dass nicht einmal eine niedrige Leiste die beiden trennt, sondern der Binnenraum des einen in den Binnenraum des anderen continuirlich übergeht und sogar die bei den Fröschen getrennten Nervenäste und *maculae* zu einem, respektive zu einer verschmelzen. Ganz dasselbe findet dann auch mit der *lagena* und der *pars basilaris* statt. Letztere dehnt sich ebenfalls nach unten hin aus, stösst an den Endtheil und der Binnenraum des einen öffnet sich in den des anderen ohne Grenze, allein es findet damit keine Vereinigung der beiden *maculae* statt, eben so wenig wie der Nervenäste, so dass also die Schnecke zwei Zweige, einen für den Anfangstheil und die *lagena* und deren *macula* und einen für die *pars basilaris* und deren Gehörfleck, besitzt. Somit sehen wir denn, dass die hintere Abtheilung der Schneckenbasis der Schlangen, der *pars basilaris* der höheren Amphibien, die vordere, durch eine niedrige, senkrechte Leiste getrennte, dem Anfangstheile der Schnecke der Amphibien und die untere continuirlich mit dem Anfangstheile verbundene Spitze der *lagena* der Amphibien, der Schnecke sämmtlicher Fische, die eine solche

besitzen, homolog ist. Was nun die Formverschiedenheit der Theile gegenüber denen der *Salamandrina* und *Batrachia* betrifft, so finden wir, dass der Anfangstheil nicht von einem Nerven überbrückt wird, sondern der Nerv geht an der Innenwand desselben entlang und er bildet eine einfache, in die Aushöhlung der *lagena* sich fortsetzende Schale unterhalb der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle und ist durch eine mächtig vorspringende Leiste vom hinteren Theile der Sackinnenwand (Taf. XXX) abgesetzt. Die hinter und etwas unterhalb desselben gelegene *pars basilaris* (Fig. 21. 22 *pb*), die hintere Abtheilung des oberen Theiles der Schnecke, die Basis erscheint freilich nicht als ein Knorpelring, in dessen Lichtung die Basilarmembran ausgespannt ist und an dessen vordere Hälfte, den Nervenknorpel, der Nerv zieht, während die hintere, der dreieckige Knorpel, das *ligamentum spirale* frei ist, sondern sie stellt mehr einen Knorpelrahmen mit ovaler Lichtung dar, dessen Längsaxe von oben hinten nach unten vorne geht, und dem entsprechend ist der Nervenknorpel vom dreieckigen, dem Spiralligament, deutlicher differenzirt. Zugleich bemerkt man, dass sich die *macula* (Taf. XXX) nicht blos an den Bereich der Binnenfläche des vorderen Nervenknorpels hält, sondern sich auch mit den Nervenfasern auf das anschliessende Drittel der Basilarmembran erstreckt, und das werden wir später als ausserordentlich wichtig erkennen. Die Schnecke öffnet sich nur mittelst der *pars basilaris* und des Anfangstheils, also an der Schneckenbasis in das Sacklumen, dessen zarte Aussenwand über die beiden soeben genannten Theile als Reissnersche Membran sich hinüberspannt, so dass der Schneckenbinnenraum nach aussen abgeschlossen ist, aber nicht blos aussen, sondern auch hinten, da die *membrana Reissneri* sich an den hinteren, dreieckigen Knorpel der *pars basilaris*, das *ligamentum spirale* und an den oberen Rand der *lagena* anheftet und in diesen übergeht. Das Schneckenlumen, die *scala media*, communicirt also nur vorne oben mit dem Sacke und wird nach aussen durch die *membrana Reissneri* und die Aussenwand der *lagena* von der *scala vestibuli*, wie wir sie in einer früheren Abhandlung kennen gelernt haben, nach innen von der *scala tympani* durch den Basilartheil der Schnecke, der Basilarmembran, dem Anfangstheile und der Innenwand der *lagena* abgeschlossen.

Ganz dieselben Verhältnisse der Schnecke finden wir bei der Blindschleiche und das ist interessant, da alle übrigen Theile mit denen der Eidechsen übereinstimmen. Namentlich die *pars basilaris* hat eine Gestalt wie bei den Schlangen und die Basilarmembran ist nicht getheilt, aber die *scala cochlearis*, das Schneckenlumen communicirt nicht, wie bei den Schlangen mit dem Inneren des *sacculus*, sondern wie bei den Eidechsen (Taf. XVII, Fig. 27 *c*) und das ist ebenfalls für die Stellung der Blindschleiche zu den *Lacertina* von Bedeutung, durch eine enge

Oeffnung und damit ist dann ein weiterer Fortschritt gegenüber den Schlangen gegeben, der sich bei den Eidechsen an der Schnecke noch weiter geltend macht. Bei diesen Thieren sind alle Theile grösser (Fig. 23. 24), verlängern sich nach unten, und somit erscheint die Schnecke dem *sacculus* gegenüber selbständiger. Zudem tritt aber ein Unterschied darin zu Tage, dass die weiter ausgedehnte Basilarmembran durch eine quere Knorpelbrücke in zwei Abtheilungen, eine obere und untere, getheilt wird (Fig. 23 *pb*), ein Verhalten, wie es in der Eigenthümlichkeit bei keinem anderen Wirbelthiere vorkommt. Im Uebrigen sind die Verhältnisse der Schneckenabtheilungen, der Nerven, der *maculae acusticae*, der Knorpel der *pars basilaris* identisch mit den soeben ausführlich bei den Schlangen geschilderten, insofern der Anfangstheil (Fig. 24 *pi*) und die *lagena* (Fig. 24 *lag*) eine gemeinsame *macula* (Taf. XVII, Fig. 25 *p*), die *pars basilaris* eine abgesonderte, auf die Basilarmembran ragende, besitzt (Taf. XVII, Fig. 25 *g*).

Die Schnecke der Schildkröten (Fig. 25. 26) bietet uns bereits ein anderes, dem Typus der am höchsten stehenden Wirbelthiere genähertes Bild dar. Was zunächst das Verhältniss zum *sacculus* betrifft, so finden wir die Schnecke noch selbständiger von der hinteren Sackwand abwärts ragen und grösser als bei den Eidechsen; allein die Communication, die bei diesen Thieren eng war, ist wieder weiter geworden. Die Hauptveränderung an der Schnecke besteht darin, dass die bei den anderen Reptilien vorkommende Trennungsleiste zwischen der hinteren und vorderen Abtheilung der *pars basilaris* und dem Schneckenanfangstheile verschwunden und somit die beiden Abtheilungen zu einer vereinigt sind. Gleichzeitig dehnt sich aber die *membrana basilaris* über den Anfangstheil aus und die *macula* der *pars basilaris* (Fig. 26 *pb*), die bei den niederen Reptilien von der des Anfangstheils getrennt war, vereinigt sich mit dieser und somit auch mit der der *lagena* (Fig. 25. 26 *lag*). Dabei ist dann zu bemerken, dass bereits die zur *lagena* gehenden Nervenfasern eine gewisse Selbständigkeit bekommen und zu einem *ramus lagenae* zusammentreten. So besteht bei den Schildkröten die Schnecke nur aus der mit dem Sacklumen vorne oben durch eine weite Oeffnung communicirenden *pars basilaris* (Fig. 26 *pb*) und einer knorpeligen, geschlossenen *lagena* (Fig. 25. 26 *lag*). Die *lagena* ist ein wenig grösser geworden und trägt wie gewöhnlich ihre Nervenausbreitung an der Innenwand. Die *pars basilaris*, ebenfalls länger geworden, besitzt wieder die Gestalt eines Knorpelrahmens (Fig. 26 *pb*), der oben bogenförmig geschlossen (Vorhofsblindsack) unten in die Innenwand der *lagena* übergeht. In der Lichtung desselben zwischen dem vorderen und hinteren Knorpel bis herunter zur *lagena* spannt sich dann die *membrana basilaris*, die ebenfalls länger und breiter geworden. An den vorderen, den Nervenknor-

pel, tritt wie bei den übrigen Reptilien der Nerv und dieser trägt die *macula*, die sich ebenfalls auf das anschliessende Drittel der Basilarmembran erstreckt, der hintere trägt keine Nerven und Nervenepithelien. Es ist der dreieckige, oder das *ligamentum spirale*. Im Uebrigen spannt sich gerade wie bei den anderen Reptilien die Fortsetzung der Sackaussenwand, die zarte *membrana Reissneri*, über die *pars basilaris* aussen hinüber und findet hinten am *ligamentum spirale*, unten an dem oberen Rande der Aussenwand der knorpligen *lagena* ihre Anheftung, hat aber auch bereits vorne eine Befestigung an den unteren Theil des Nervenknorpels der *pars basilaris*, der bereits durch einen tiefen Einschnitt von dem hinteren Theile der Sackhinterwand (Taf. XII, Fig. 19 *b*, Fig. 20. 21) abgetrennt ist und den man füglich jetzt nach Analogie mit dem Menschen als *limbus spiralis cartilagineus* bezeichnen kann. Somit sehen wir denn, wie die Schneckenbasis nur oben mit der Sackwand continuirlich zusammenhängt.

Eine unendlich viel grössere Selbständigkeit bekommt die Schnecke, und namentlich die mächtig ausgewachsene *pars basilaris* gegenüber dem *sacculus* bei den Crocodilen (Fig. 27. 28). Die *cochlea* communicirt nicht länger mittelst einer einfachen Oeffnung mit dem hinteren unteren Theile des Sacklumen, sondern die Schnecke ist in allen ihren Theilen vollkommen von ihm abgeschnürt, die Verbindung der oberen Vereinigung der beiden Schneckenknorpel (Vorhofsblindsack) mit der Sackinnenwand, der *membrana Reissneri* mit der Sackaussenwand also vollkommen gelöst und nur indirekt vorhanden und zwar durch Vermittlung der Communication, die zu einer vom hinteren unteren Theile des *sacculus* ausgehenden, horizontalen, nach aussen und etwas nach hinten gewandten Röhre, dem *canalis reuniens*, geworden ist, und die von jetzt an bei den Wirbelthieren als constante Bildung auftritt. In diese gehen die Sackaussen-, -innen-, -ober- und -unterwand gleichmässig über, sich verdünnend, respektive verdickend. Die Schnecke selbst, die bereits bei den übrigen Reptilien mit der Spitze, der *lagena*, eine leichte hakenförmige Biegung nach hinten zeigt, somit in der unteren Partie schwach nach vorne convex, nach hinten leicht concav ist, zeigt bei den Crocodilen (Fig. 27. 28) diese Krümmung auf das deutlichste in der ganzen Ausdehnung, allein gleichzeitig eine spiralige Drehung (Halbspirale) und zwar derartig, dass, wenn die *membrana Reissneri*, wie bei den übrigen Reptilien, in dem oberen Theile der Schnecke nach aussen sehend gedacht wird, sie an dem unteren mit der Aussenwand der *lagena* (Fig. 27. 28 *lag*) nach hinten sieht. Nun bekommt freilich die sichelförmig nach hinten unten gekrümmte Schnecke nicht diese so ausgeprägte, der der übrigen Reptilien entsprechende Stellung (*membrana Reissneri* aussen, *membrana basilaris* innen, Nervenknorpel vorne und viereckiger Knorpel,

ligamentum spirale, hinten), sondern wegen der Krümmung des *canalis reuniens* statt nach hinten unten, nach aussen wird wenigstens der obere Theil der *membrana basilaris* nach aussen hinten (Fig. 27 *pb*), der untere mit der Innenwand der *lagena* gerade nach hinten gedreht, während dem entsprechend der obere Theil der *membrana Reissneri* (Fig. 28 *mr*), die hier als quergefaltete Membran, *tegmentum vasculosum*, erscheint, nach vorne innen, der untere mit der Aussenwand der *lagena* nach vorne gekehrt, während der Nervenknorpel, der *limbus spiralis cartilagineus* wesentlich hinten innen, der dreieckige, das Spiralligament, vorne aussen liegt. Die *pars basilaris* ist beträchtlich länger geworden (Fig. 27. 28 *pb*), dem entsprechend auch die Basilarmembran. Diese ist aber auch relativ breiter, wie bei den Schildkröten und beginnt an der Einmündung des *canalis reuniens*, unterhalb dessen die Vereinigung der Knorpel zur Bildung der ersten Andeutung eines Vorhofsblindsackes vor sich geht, und endet an der *lagena*, die jedoch an Grösse nicht zugenommen hat (Fig. 27. 28 *lag*). Gleichzeitig mit der Ausdehnung der *pars basilaris* und somit des Nervenknorpels hat dann auch natürlich die Ausdehnung des Nerven und der *macula*, die auch hier das anschliessende Drittel der Basilarmembran einnimmt, zugenommen, und diese setzt sich in die *lagena* fort, deren Nerv gegenüber dem der *pars basilaris* jetzt selbständiger erscheint.

Das Gehörorgan der Crocodile bildet nun den unmittelbarsten Uebergang zu dem der Vögel, wie das von *Siredon* den schönsten Uebergang von den Fischen, namentlich den Teleostiern, zu dem der Amphibien zeigt und die Aehnlichkeit, namentlich in dem wichtigen Bestandtheile der Schnecke (Fig. 29. 30), ist so gross, wie sonst nirgends zwischen zwei Wirbelthierclassen, mit Ausnahme vielleicht zwischen Vögeln und Monotremen, welche letztere zu untersuchen ich leider keine Gelegenheit hatte. Ich finde, wie das überhaupt aus dem Verhalten der übrigen Organe bei den Vögeln zu erwarten, im Ganzen nur geringfügige Unterschiede in der Gestalt des häutigen Labyrinthes, die sich wohl dahin präcisiren lassen, dass diejenigen Vögel, welche ein offenes *foramen rotundum* besitzen (*natatores*), also diejenigen, die wir als tiefer stehend erkannt haben, eine relativ kürzere, weniger entwickelte, schwächer gekrümmte Schnecke zeigen, als die mit geschlossenen (*Grallatores, Columbae e. g.*), und da die Schnecke gerade der Theil des Gehörorganes ist, der durch die Wirbelthierreihe hindurch allmählig immer höher sich ausbildet, niemals aber Rückschritte in der Entwicklung macht, so ist auch dieses Verhältniss für den Rang unter den Vögeln wichtig. Im Uebrigen begegnen wir hier wieder denselben Hauptbestandtheilen, wie bei den übrigen Wirbelthieren, der *pars superior*, dem eigentlichen Labyrinthe oder Bogenapparate und der *pars inferior* (*sacculus* und Schnecke),

und beide besitzen an derselben Stelle, wie bei den übrigen Vertebraten, eine enge Communication in Gestalt einer engen, am äusseren Theile der Unterfläche der Vereinigung der Bogengangcommissur (Fig. 30 *co*) mit dem *utriculus* (Fig. 30 *u*) und der Verbindungsröhre der hinteren, alleinstehenden Ampulle (Fig. 30 *v*) befindlichen Röhre. Während wir nun bei den bisher betrachteten Wirbelthierclassen im grossen Ganzen die *pars inferior* unter der oberen Abtheilung liegen sehen, finden wir dagegen bei den Vögeln aus Gründen, die ich weitläufiger in der vergleichend anatomischen Betrachtung der Gehörkapsel in meiner Arbeit über das Gehörorgan der Frösche auseinandergesetzt, die *pars superior* nach oben hinten und aussen, die *pars inferior*, vorzüglich die Schnecke, als Haupttheil nach unten vorne und innen gewandt, ein Verhältniss, das bekanntermassen bei den Säugern und dem Menschen einen deutlicheren Ausdruck bekommt. Demgemäss möge man meine Figuren 29—32, die ich der besseren Uebersicht der Theile wegen wie die Gehörorgane der niederen Wirbelthiere gezeichnet, betrachten.

Diese Stellung manifestirt sich in der oberen Abtheilung, die wir zunächst wieder betrachten wollen, darin, dass die schon bei den Teleostiern, Ganoiden, Plagiostomen, Amphibien und Reptilien etwas höher als die hintere stehenden vorderen, zusammenliegenden Ampullen weiter nach oben rücken, die Bogengangcommissur von oben hinten nach vorne unten zu stehen kommt, während die Verbindungsröhre der alleinstehenden Ampulle steiler nach oben, vorne, innen in die Höhe steigt, der *utriculus* dagegen nahezu horizontal zu liegen kommt. Ferner kann das Dach der Ampullen, über das sich die Bogengänge hinüberschlagen, nicht wie bei den übrigen Thieren, nach oben wie an der verticalen, respektive nach innen wie an der horizontalen kehren, der Boden dem entsprechend nach unten, respektive aussen, sondern an den verticalen (Fig. 29 *sag fr*) nach aussen, oder der Boden nach innen, an der horizontalen nach unten, der Boden nach oben gewandt sein und somit gegen die Schädelhöhle sehen. Die Ampullen, von denen die horizontale (Fig. 29 *hor*) und die sagittale (Fig. 29 *sag*) vorne oben in der angegebenen Lage befindlich sind, während die frontale hinten unten (Fig. 29 *fr*) isolirt dasteht, sind nun ferner nicht, wie bei den Reptilien, durch einen mehr oder minder weiten Zwischenraum von einander getrennt, sondern im Gegentheil einander ausserordentlich genähert, in weit höherem Grade, als das bei den Schildkröten der Fall war. Sie sind gleichsam nach aussen hinten, respektive nach aussen vorne einander entgegen gedrängt, so dass nicht blos die Verbindungsröhre der alleinstehenden, frontalen Ampulle (Fig. 30 *v*) und der *utriculus* (Fig. 30 *u*) wie bei den Reptilien in einen nach unten und etwas nach vorne innen offenen, stumpfen Winkel zusammenstossen, sondern auch winklig gegen die Schädelhöhle hin, also

medianwärts zusammentreffen, und zwar unter einem viel spitzeren Winkel, als das bei den bisher betrachteten Wirbelthieren der Fall, denen diese Form der Vereinigung auch nicht fehlt. Dadurch kommt es denn, dass einmal die Bogengänge viel stärker gekrümmt verlaufen, als bei den niedriger stehenden Vertebraten und dass sie sowohl, wie die Ampullen viel weniger aus den entsprechenden Ebenen weichen, als bisher. Die Winkel mit der horizontalen, frontalen und sagittalen Ebene mögen im Allgemeinen etwa 20° betragen. Die verticalen Ampullen zeigen an dem nach innen unten gewandten Boden, wie bei den anderen Wirbelthieren gleichmässig ein wenig an den Seitenwänden emporragend, die queren *septa cruciata*, die kreuzförmigen Gehörleisten, die ja in gleicher Gestalt bei den Schlangen und Eidechsen vorkommen, während die horizontale wie bisher an der oberen äusseren Wand eine einfache, zungenförmige, quere *crista acustica* aufweist. Was die Bogengänge betrifft, so ist der ungeheuer lange, stark und Sförmig gekrümmte, nach hinten verlaufende, sagittale Bogengang (Fig. 29 *sag'*), da die sagittale Ampulle am weitesten nach oben liegt, nicht einfach wie bei den niederen Wirbelthieren vorne, sondern wesentlich oben gelagert, während der viel kleinere, aber stark gebogene frontale (Fig. 29 *fr'*) statt hinten, wie bisher, hinten unten liegt. Beide vereinigen sich oben hinten unter einem nach hinten oben offenen, stumpfen Winkel zu einer, wie bei den Reptilien, kurzen, zarten, cylindrischen und nach vorne unten verlaufenden Commissur (Fig. 30 *co*), die am unteren Ende, von aussen her kommend, die etwas erweiterte Mündung des äusseren, horizontalen Bogenganges (Fig. 29 *hor'*) zeigt, die nicht vollkommen rechtwinklig, sondern an der Commissur etwas nach abwärts sehend, vor sich geht. Der *recessus utriculi* (Fig. 30 *ru*), dessen Boden auch hier die *macula acustica* trägt und nach unten innen gewandt erscheint, biegt wiederum nach hinten ab- und medianwärts von den zusammen gelagerten Ampullen und namentlich der sagittalen, aber beide öffnen sich von oben vorne und aussen in denselben. Der *utriculus* (Fig. 30 *u*) ist kurz, weit und stösst nach innen verlaufend wie erwähnt, unter einem stumpfen Winkel mit der aufwärts und etwas nach vorne innen gehenden, kurzen, weiten Verbindungsröhre der frontalen Ampulle (Fig. 30 *v*) und der Commissur zusammen.

Die grosse Annäherung nun, die bei den Vögeln die beiden vorderen Ampullen an die hintere, alleinstehende, frontale zeigen, die den Raum zwischen ihnen aussen so ausserordentlich reducirt, bedingt wohl gerade die unendlich geringe Entwicklung des sonst bei den Amphibien und Reptilien wenigstens in seinen oberen Theilen zwischen ihnen gelagerten *sacculus*, der bei den Vögeln (Fig. 29. 30 *s*) so klein ist, wie in keiner anderen Wirbelthierclasse, so dass derselbe sogar dem genauen Ibsen

entgehen konnte und nur von Breschet [1], aber auch nicht genau gesehen wurde. Es hat zur Folge, dass er sich fast ausschliesslich nach unten vorne von der *pars superior* ausdehnt. Im Uebrigen trägt seine Innenwand, die ein rundliches, flaches Schälchen bildet, die *macula acustica*, während die ungemein zarte Aussenwand nach oben hinten hin die enge Oeffnung, das *foramen sacculo-utriculare*, von aussen her deckt und sich an die Peripherie desselben anheftet. Nach unten hinten geht derselbe in einen ausserordentlich zarten, nicht wie bei den Crocodilen nach auswärts und ein wenig abwärts gewandten, sondern in einen nach unten hinten ziehenden, kurzen *canalis reuniens* (Fig. 29 *cr*) über, der sich dann an die obere Vereinigung der beiden Schneckenknorpel ansetzt und in die *membrana Reissneri* (Fig. 29. 30 *mr*) übergeht und ungemein schwer darzustellen ist. Mittelst desselben wird die mit ihrer Spitze nach hinten unten gebogene Schnecke unten hinten an dem *sacculus* befestigt, und diese nimmt somit eine typische Lage ein. Durch dieses Abwärtsragen des *sacculus*, des *canalis reuniens* und der Schnecke, die ausserordentlich selbständig ist, kommt letztere, da der *canalis reuniens* mit seinem oberen Ende, seinem Beginne, wenig von der Unterfläche der *pars superior* abgedrängt ist, kaum mehr, wie es bei den Crocodilen der Fall, wo derselbe nach vorne von der hinteren, frontalen Ampulle lag, bei den Vögeln nach vorne unten von der eben genannten Ampulle zu liegen. Gleichzeitig finden wir aber, wenn auch die Krümmung und die Drehung der Schnecke mit halber Spirale dieselbe wie bei den Crocodilen geblieben, die einzelnen Bestandtheile des nach unten innen und vorne sich erstreckenden Schneckenrohres, das ebenfalls aus der vorzugsweise entwickelten *pars basilaris* (Fig. 29. 30 *pb*) oben und der ampullenförmigen *lagena* (Fig. 29. 30 *lag*), die nicht weiter ausgewachsen, an der Spitze, unten besteht, namentlich die des wichtigen Basilartheils eine andere Stellung einnehmen, wie es bei den Crocodilen der Fall, obgleich sie im Uebrigen dieselben sind und dieselbe Form besitzen. Wir haben auch hier einen Knorpelrahmen, der oben bogenförmig geschlossen ist und in seiner Lichtung ausgespannt bis gegen das Ende der Schnecke die an Breite zunehmende Basilarmembran trägt, während er andererseits mit seinen beiden Knorpeln, deren einer der Träger der Nerven ist, zur Befestigung der wenigstens in ihrer grössten Ausdehnung quer gefalteten *membrana Reissneri* (Fig. 29. 30 *mr*), oder des *tegmentum vasculosum* der Autoren dient. Die Reissner'sche Membran sieht nicht, wie bei den Fröschen und niederen Reptilien, nach aussen, sondern in ihren oberen Zweidritteln (Fig. 29. 30 *mr*), nach vorne aussen, mit ihrem unteren da-

1) Recherches anatomiques et physiologiques sur l'organe de l'audition chez les oiseaux.

gegen und der einen Wand der *lagena* (Fig. 29 *lag*) nach aussen, und zwar ist letztere die nicht Nerven tragende. Der grösste Theil der Basilarmembran sieht dem entsprechend nach hinten innen, erst unten allmählig, wie auch die Wand der *lagena*, die die Nerven und die *macula* trägt, vollkommen nach innen. Demnach liegt der Nervenknorpel, der *limbus spiralis cartilagineus*, mit den oberen Zweidritteln hinten innen, der untere Theil hinten, der vordere dagegen, das *ligamentum spirale*, anfänglich nach vorne aussen und dann unten nach vorne gewandt. Der für die *lagena* bestimmte Nervenast erscheint auch hier im grössten Theile seines Verlaufes selbständig gegenüber dem, der zur *pars basilaris* geht, wenn auch die *maculae* in einander übergehen, wobei als wichtig zu bemerken, dass die *macula* der *pars basilaris* sich nicht allein an den Nervenknorpel hält, sondern mindestens die anstossende Hälfte der *membrana basilaris*, also mehr wie bei den Reptilien einnimmt.

Gehen wir nun zur Betrachtung des häutigen Gehörorganes der Säugethiere (Fig. 31. 32) und der Menschen, die keine wesentlichen Unterschiede zeigen, über, so ist es ausnehmend leicht, die bei ihnen vorkommenden Verhältnisse aus den bei den Vögeln gefundenen und somit auch aus denen der übrigen Wirbelthiere abzuleiten. Die beiden Abtheilungen, *pars superior* und *inferior* (Sack und Schnecke), sind auch hier wie bei den Vögeln, aber noch ausgeprägter, so gestellt, dass erstere nach hinten oben und etwas nach aussen, letztere nach vorne unten und innen gewandt ist. Die Communication zwischen den beiden ist wie bei den Wirbelthieren, mit Ausnahme der *Cyclostomen*, eng, aber nicht mehr wie bei den Meisten, so auch bei den Vögeln, durch eine einfache, enge Oeffnung oder Spalte repräsentirt, sondern, wie bei den *Cyprinoiden* und vor allen den *Rajae*, durch eine eigenthümliche, enge Röhre, auf deren Verhältniss ich später wieder in Kurzem zu sprechen komme.

An der *pars superior* sehen wir nun zunächst insofern eine Differenz gegenüber der der Vögel auftreten, dass die Ampullen und die Bogengänge sich wieder mehr wie bei den Reptilien und den niederen Wirbelthieren in der Breite entfaltet haben, weniger nach aussen zusammengedrängt erscheinen, als bei diesen Thieren, so dass der Raum zwischen den vorderen Ampullen und der hinteren weiter wird, als es bei ihnen der Fall. Die beiden zusammenliegenden Ampullen sind vorne, oben und aussen (Fig. 31 *sag hor*), die hintere (Fig. 31 *fr*) unten, hinten und innen gelagert. Die horizontale (Fig. 31 *hor*) liegt nach aussen, hinten und unten von der sagittalen (Fig. 31 *sag*), die somit am höchsten und am weitesten nach vorne steht, gerade wie bei den Vögeln. Alle drei zeigen sich vollkommen übereinstimmend gebaut und besitzen gleichmässig geformte *cristae*, was bei keinem anderen Wirbelthiere der Fall, bei denen ja immer die horizontale durch ihre zungenförmige Ge-

stalt eine Abweichung darbot. Das Dach der sagittalen Ampulle kehrt nach hinten, der Boden nach vorne, das Dach der horizontalen nach aussen hinten, der Boden nach innen vorne, das Dach der hinteren, frontalen dagegen ist nach oben und ein wenig nach hinten, der Boden aber, dessen Mitte wieder die quere, wie bei den anderen Ampullen ein wenig an den Seitenwänden emporragende *crista* trägt, nach unten und etwas nach vorne gewandt. Die Bogengänge, von denen wir, wie bei den Vögeln, den nach oben vorne gerichteten, sagittalen (Fig. 31 *sag'*), den hinten unten gelegenen, frontalen (Fig. 31 *fr'*) und den aussen befindlichen, horizontalen (Fig. 31 *hor'*) unterscheiden, entfernen sich wie die Ampullen, noch weniger wie bei den Vögeln, etwa um 10—15° aus den entsprechenden Ebenen und zeigen ein gegenseitiges Lageverhältniss wie bei den übrigen Wirbelthieren, mit Ausnahme der Vögel. Der sagittale sowohl, wie der horizontale Gang, die beide, und namentlich ersterer, bei diesen Thieren ungemein lang sind, sind kürzer geworden, wenn sie auch an Länge noch immer den frontalen, hinteren übertreffen. Sie sind nicht flach wie bei den meisten Amphibien, Reptilien und Fischen, sondern schön kreisförmig gebogen, und die beiden verticalen münden in einem nach oben hinten hin offenen Winkel in die zarte, cylindrische, von oben hinten innen, nach unten vorne aussen verlaufende Commissur (Fig. 32 *co*), die viel länger als bei den Vögeln, Reptilien und Amphibien, in ihrer relativen Länge viel mehr der der Knochenfische entspricht. Sie nimmt, wie bei den übrigen Wirbelthieren, das über und vor der frontalen Ampulle gelegene, hintere Ende des äusseren, horizontalen Ganges, das sich etwas trichterförmig erweitert, von aussen her am unteren Ende auf (Fig. 31). Die Einmündung geschieht auch hier nicht unter einem vollkommen rechten Winkel, sondern ist etwas nach vorne abwärts gekehrt. Die kurze, weite, ein wenig abwärts convexe Verbindungsröhre der frontalen, hinteren Ampulle verläuft von hinten unten nach vorne aufwärts, um unter einem nach abwärts offenen, flachen Winkel, ähnlich wie bei den Teleostiern, Fröschen, Schildkröten und Crocodilen, mit dem weiten, röhrenförmigen von aussen vorne, nach hinten innen ziehenden, ebenso kurzen *utriculus* (Fig. 32 *u*) zusammenzustossen und dort, von oben her kommend, die senkrecht einmündende Commissur aufzunehmen. Der *recessus utriculi* (*sacculus hemiellipticus*) befindet sich auch hier (Fig. 31. 32 *ru*) wieder medianwärts hinter und unter den zusammenstehenden Ampullen, die gemeinschaftlich von oben aussen und vorne in ihn münden, und zeichnet sich dadurch gegenüber dem der übrigen Wirbelthiere aus, dass er seine *macula* (Fig. 31) nicht vorzugsweise am Boden, sondern an der etwas nach hinten abwärts gewandten Aussenwand besitzt, die verdickt, abgeplattet erscheint und zur Aufnahme der Nerven dient, während die entgegengesetzte, nach vorne oben und

innen gekehrte und dem Knochen zugewandte Fläche sehr dünnhäutig ist. Die Grösse des *recessus* ist auch relativ bedeutender, als bei den meisten übrigen Wirbelthieren, somit auch die Ausdehnung der *macula*, und reicht wegen der Kürze des eigentlichen *utriculus* bis nahe an das untere Ende der Commissur.

Der *sacculus* (Fig. 31. 32 *s*), und damit beginne ich die Schilderung der *pars inferior*, gewinnt wieder bei den Säugern und dem Menschen gegenüber dem der Vögel eine beträchtlichere Grösse, ohne jedoch das Maass des Umfanges wie bei den niederen Wirbelthieren zu erreichen. Es ist eine rundliche, flache, an der Innenwand ausgehöhlte Schale, die glatt von der ausserordentlich zarten Aussenwand überspannt wird und nach unten und etwas medianwärts von dem Boden des *recessus utriculi* und des *utriculus* selber liegt, jedoch von der Röhre der alleinstehenden Ampulle (Fig. 31) durch einen Einschnitt getrennt erscheint. Die wie überall an der Innenwand befindliche *macula acustica* liegt unter, medianwärts und hinter der *macula* des *utriculus*, so dass also das typische Verhältniss der beiden auch hier, bei den höchsten Wirbelthieren, nicht aufgehoben wird. Was nun die Communication des *sacculus* mit der *pars superior* betrifft, so erwähnte ich bereits, dass dieselbe zu einer Röhre ausgezogen ist, die von der Unterwand der Vereinigung der Commissur, des *utriculus* und der Verbindungsröhre der frontalen, alleinstehenden Ampulle ausgeht, ausserordentlich eng ist, nach innen verläuft und sich hier einmal in den *ductus endolymphaticus*, die Vorhofswasserleitung (Fig. 32 *de*) ergiesst, andererseits aber mit einer aus dem oberen Ende des *sacculus* nach oben innen gehenden, trichterförmigen Ausstülpung, die ebenfalls in den *ductus* übergeht (Fig. 32), sich vereinigt. Die trichterförmige Fortsetzung des *sacculus* mit der feinen von der *pars superior* ausgehenden Röhre stellt, trotzdem dass beide in den *ductus endolymphaticus* übergehen, die Communication zwischen den beiden Abtheilungen des häutigen Gehörorganes dar, wie wir sie ähnlich nur bei den Rochen fanden. Ich habe dieselbe in der vorhergehenden Abhandlung ja ausführlich vergleichend anatomisch geschildert. Hinten unten sehen wir dann (Fig. 31 *cr*), wie bei den Vögeln und Crocodilen, die Sackwandungen sich trichterförmig ausziehen, um in eine gerade gestreckte, enge, kurze, cylindrische, zartwandige Röhre, den *canalis reuniens*, überzugehen, der nun nicht so senkrecht abwärts geht, wie bei den Vögeln, sondern nach hinten unten verläuft, um dann seine Anheftung an den Knorpeln des Schneckenrohres und aussen an der *membrana Reissneri*, wie bei den Vögeln und Crocodilen, zu finden und somit mittelst seines *lumen* den Binnenraum des *sacculus* mit der *scala cochlearis s. scala media* zu verbinden.

Die Schnecke selber, deren Anfang gerade so nach hinten unten von dem Sacke gelagert ist, wie bei den übrigen Vertebraten, ist ein gerade

wie bei Crocodilen und Vögeln nach vorne und medianwärts gekrümmtes Rohr, dessen Convexität, die sich namentlich in dem oberen Theile, im Bereiche der ersten Windung am *promontorium* findet, nach aussen, etwas abwärts und hinten gerichtet ist, und dessen Concavität natürlich im entgegengesetzten Sinne sich findet, unterscheidet sich im Wesentlichen nur darin, dass es colossal in die Länge gewachsen, nicht einfach eine halbe, lang gezogene Spiralwindung macht, sondern auf kleinem Raume zusammengedrängt beim Menschen $2^1/_2$, bei den Säugern bis zu 4 Spiraltouren beschreibt, und zwar mit dem Stamme des *acusticus* als Axe. Immerhin ist aber das Verhältniss so, dass das Ende der Schnecke (Fig. 31 *lag*), die *lagena*, der häutige Kuppelblindsack, wie bei den nächsten Classen, nach unten vorne und innen von dem Anfange der ersten Windung am *canalis reuniens* zu liegen kommt. Im Uebrigen bietet das Schneckenrohr, dasselbe gerade gestreckt gedacht, wie bei den niederen Reptilien, mit Bezug auf seine Lage darin eine Differenz gegenüber den Vögeln und Crocodilen, deren Schnecke wir uns auch gerade gestreckt vorstellen müssen, dar, dass die *membrana Reissneri* nicht wie bei ersteren nach vorne aussen, die *membrana basilaris* nach hinten innen, der Nervenknorpel nach innen vorne, der dreieckige, das *ligamentum spirale* nach aussen hinten gewandt ist, sondern wie bei den Fröschen und niederen Reptilien sehen wir, und das tritt deutlich an der natürlich gewundenen Schnecke, am Beginne derselben, am *canalis reuniens*, also am Beginne der *scala tympani* und *vestibuli*, zu Tage, dass die *membrana Reissneri* nach aussen und etwas abwärts, die *basilaris* nach innen und etwas nach oben, der Nervenknorpel, der *limbus spiralis cartilagineus* nach unten vorne und etwas nach aussen, der dreieckige, das *ligamentum spirale* dem entsprechend nach hinten oben und etwas nach innen sieht. Die beiden Knorpel würden also, wenn das Gehörorgan wie bei den niederen Reptilien senkrecht, statt von oben hinten nach unten vorne stände, wie bei ihnen vorne (*limbus spiralis cartilagineus*) und hinten (*ligamentum spirale*) liegen. Natürlich ändern sich wegen der ausgeprägten spiraligen Windungen der übrigen Theile des Schneckenrohres diese Lagerungsverhältnisse, doch sind diese leicht zu abstrahiren, so dass ich darauf keine Rücksicht zu nehmen brauche. Dass sich die Schneckenröhre der Säuger und des Menschen in eine *pars basilaris* (Fig. 31. 32 *pb*) und in eine *lagena* (Fig. 31. 32 *lag*) theilt, brauche ich wohl kaum zu erwähnen, ebensowenig dass erstere vorzugsweise ausgewachsen ist. Die *lagena* hat sich dagegen nicht blos nicht fortgebildet, sie ist auch nicht einmal in ihrer Ausbildung stationär geblieben, sondern wir finden dieselbe einmal häutig geworden (häutiger Kuppelblindsack) und dann scheinbar reducirt. Sie ist hier nicht ampullenförmig erweitert, sondern

stellt mehr das einfach blindgeschlossene Ende des cylindrischen Schneckenrohres dar.

Die *pars basilaris* bildet auch bei den Säugern und Menschen, wie bereits angedeutet, einen Knorpelrahmen mit einem anfänglich vorne oben gelegenen Nervenknorpel oder *limbus spiralis cartilagineus* und einem hinteren, unteren, dreieckigen, dem *ligamentum spirale*, die sich wie bei den Vögeln und Crocodilen am oberen Schneckenende vereinigen. In der Richtung desselben gegen die *scala tympani*, also nach innen gewandt, spannt sich die vom Anfange der Schnecke bis zum Ende derselben, dem Kuppelblindsacke, allmählig und gleichmässig an Breite zunehmende *membrana basilaris*, während nach aussen, zwischen den äusseren Theilen des Nerven- und dreieckigen Knorpels, dem *limbus cartilagineus* und dem *ligamentum spirale*, an der *scala vestibuli* sich die nicht länger quergefaltete, sondern in der ganzen Ausdehnung glatte, zarte *membrana Reissneri* ausspannt. Alle diese Bestandtheile gehen dann, gleichmässig sich verdünnend, respektive verdickend, in den Kuppelblindsack oder die *lagena* über und begrenzen einen wie bei den Vögeln und Reptilien im Ganzen genommen vierseitig prismatischen Raum, die *scala media s. cochlearis*. Die Binnenfläche des Nervenknorpels, des *limbus spiralis cartilagineus*, giebt die vordere, das *ligamentum spirale* die hintere, die *membrana Reissneri* die äussere, die *basilaris* die innere Wand ab. Oberhalb der Anheftung des *canalis reuniens* (Fig. 31 *cr*) finden wir dann noch ausgeprägter, wie bei allen bisher betrachteten Wirbelthieren, die bogenförmige Vereinigung der Knorpel des Rahmens mit einem Theile der Basilarmembran und der Reissnerschen sich zu einem kurzen, nach oben hinten gewandten und etwas aufwärts convexen Blindsacke, dem Vorhofsblindsack, sich erheben und dieser lagert sich ähnlich wie der Anfang der Schnecke bei den Crocodilen im Wesentlichen vor die hintere, alleinstehende Ampulle bis an die anliegende Krümmung des horizontalen Ganges. Wegen der schrägen Richtung des gesammten Labyrinthes liegt derselbe zugleich ein wenig höher als die Ampulle und etwas nach vorne von ihr. Was nun die *macula acustica* des Schneckenrohres, des *organon Corti* der Autoren, betrifft, so finden wir, dass dieselbe nicht wie bei den übrigen höheren Wirbelthieren, von den Schlangen angefangen, theilweise auf der *membrana basilaris*, theilweise auf dem Nervenknorpel, dem *limbus spiralis cartilagineus* ruht, sondern wir sehen, dass sie den grössten Theil der *membrana basilaris*, vom Ansatze an den Nervenknorpel angefangen, einnimmt und das ist ein interessantes Verhalten, da wir wissen, dass von den Schlangen bis zu den Vögeln ein immer grösserer Theil der Basilarmembran die Nervenendapparate trägt, die sich nun nicht bis in den Grund des Kuppelblindsackes, der *lagena*, wie bei den übrigen Vertebraten, sondern nur bis

an die Grenze desselben erstreckt, so dass also die *lagena* der Säuger und der Menschen im Gegensatze zu der der übrigen Wirbelthiere nicht von Zweigen des *acusticus* versorgt wird.

So haben wir denn die Morphologie des häutigen Labyrinthes des ursprünglich wie in früher, embryonaler Periode einfachen Gehörbläschens durch die gesammte Thierreihe hindurch verfolgt, und es bleibt uns, nachdem ich auch die *maculae* und *cristae acusticae* geschildert, noch das Verhalten der sonst noch mit blossem Auge sichtbaren Theile zu betrachten übrig. Wir finden bei *Myxine glutinosa* sowohl auf der *macula* als auf den *cristae acusticae* bröcklige Otolithenmassen, die jedoch bereits den *cristae* der Neunaugen, wie den Ampullen der übrigen Wirbelthiere fehlten. Bei ihnen finden wir die Otolithen nur an der *macula recessus utriculi*, *sacculi* und *cochleae* und zwar in derselben Weise, als zusammenhängende Kalkmasse, bei den Teleostiern, während wir dagegen bei den Plagiostomen Anhäufungen von einzelnen Kalkkrystallchen, Otolithenmassen finden. Solche finden wir auch bei den Amphibien im *recessus utriculi*, im *sacculus* und im Endtheile der Schnecke, der *lagena*, die ja das Homologon der Schnecke der Fische ist, allein bei *Siredon*, *Triton* und *Salamandra* gesellt sich eine solche auch für den Anfangstheil der Schnecke hinzu, die aber bei den *Ranae* wieder verschwunden. Von diesen Thieren an bis zu den Säugern finden wir dann nur Otholithenmassen im *recessus utriculi*, im *sacculus* und im Schneckenende, der *lagena*, dem häutigen Kuppelblindsacke und in dem letzteren des Menschen und der Säuger finde ich auch davon keine Spur, so dass bei ihnen die ganze Schnecke frei von Kalkkrystallen ist. Dabei finden wir dann immer und überall, dass die Otolithen oder Otolithenmassen, und das gilt namentlich für den *sacculus*, den Binnenraum desselben nahezu auszufüllen, so dass nur geringe Flüssigkeitsmassen (*Endolymphe*) zwischen ihnen und der Sackwandung bleiben. Im *recessus utriculi* und in der *lagena* ist das viel weniger der Fall. Die Otolithen ruhen dabei immer den *maculae* und deren Umgebung auf und werden, selbst wenn sie aufrecht stehen, daran festgehalten und zwar dadurch, dass sie sich auf die immer gekrümmte Unterwand, den Boden, respektive auf die Aussenwand stützen.

Der Nervenstamm, der bei den Neunaugen und vielleicht auch zum Theil bei den Teleostiern mit dem *facialis* oder einem Aste desselben an die Gehörblase herantritt, theilt sich bei den *Cyclostomen* im Wesentlichen in drei Gruppen, eine mittlere für das *vestibulum* bei *Myxine*, für den *recessus cochleae* und *sacculi* bei den Neunaugen, und zu dieser gesellt sich der Facialisast für das Flimmerepithel des Vorhofs, und in eine vordere und hintere für die vordere und hintere Ampulle bei *Myxine*, für dieselben bei den Neunaugen, ausserdem aber für den *recessus utriculi*

vorne (Taf. XXIII, Fig. 3). Bei den Teleostiern herrscht noch ein ähnliches Verhältniss. Die mittlere Astgruppe versorgt den *sacculus* und die Schnecke, und mit dieser verläuft der Ast für die *pars basilaris* (Retzius). Der hintere Zweig, der innig mit der mittleren Gruppe vereinigt ist, versorgt die hintere Ampulle, der vordere den *recessus utriculi* und die vorderen Ampullen. Alle Aeste stehen bei sämmtlichen Wirbelthieren mit bipolaren Ganglienzellmassen in Verbindung. War nun bei den Knochenfischen bereits eine innige Verbindung des hinteren Astes mit dem mittleren nachweisbar, so ist das bei den Plagiostomen noch mehr der Fall, bei denen der mit mächtigen Ganglienmassen versehene *acusticus* sich in zwei Zweige, einen vorderen und hinteren, theilt (Fig. 10). Der hintere versorgt den *sacculus*, die Schnecke und die alleinstehende, frontale Ampulle, der vordere den *recessus utriculi* und die vorderen Ampullen. Dieses Verhältniss wiederholt sich bei den Amphibien, nur dass bei *Siredon* und *Triton* der hintere Ast auch den Anfangstheil der Schnecke und vielleicht bei *Salamandra*, gewiss bei *Rana*, die *pars basilaris*, also die Gesammtschnecke versorgt. Ganz dasselbe Verhältniss des vorderen und hinteren Astes findet sich bei den Reptilien, ja bei den Eidechsen hat sogar jeder Ast sein Ganglion. Wir finden nun aber, dass, während der hintere Ast, welcher die Schnecke versorgt, bei *Rana* für die drei Abtheilungen gesonderte Zweige abgiebt, derselbe bei den Eidechsen und Schlangen zwei aussendet, einen für die *lagena* und den Anfangstheil gemeinsam, den zweiten für die *pars basilaris*, und bei den Schildkröten und Crocodilen sehen wir dann den *ramus cochlearis* so sich vertheilen, dass ein Ast für die *pars basilaris*, einer einigermassen selbständig für die *lagena* bestimmt ist. Im Uebrigen versorgt der hintere Ast auch bei diesen Thieren den *sacculus* entweder ganz oder zum Theil und ausserdem die hintere Ampulle, während der vordere beibleibt sich an dem *recessus utriculi* und den vorderen Ampullen zu verzweigen. Bei den Crocodilen giebt dieser dann auch einen Ast an den *sacculus* ab. Bei den Vögeln ist keine strenge Scheidung in einen vorderen und hinteren *ramus* mehr vorhanden, sondern wir finden den Gehörnerven aus einer Menge dünnerer und dickerer Aeste für die einzelnen, Nerven tragenden Theile zusammengesetzt, von denen sich ein unterer, dickerer als *nervus cochlearis* abtrennen lässt, der dann vorzugsweise die *pars basilaris* und mit einem in geringem Masse selbständigen Ast die *lagena* versorgt, während die übrigen gesondert zu den vorderen Ampullen, der hinteren, dem *recessus utriculi* und dem *sacculus* ziehen. Alle diese Zweige stehen wieder mit Ganglienmassen in Verbindung. Diese feinen Zweige des *acusticus* werden nun wie die beiden Schneckenäste bei den Säugern und den Menschen zu zwei grossen Zweigen, dem *ramus cochlearis* und *vestibularis* zusammengefasst, von denen jener die Gesammtschnecke mit

Ausnahme des Kuppelblindsacks versorgt, während dieser sich an allen übrigen Theilen verbreitet, mit einem Zweige an die hintere Ampulle, mit einem an den *sacculus* und mit einem mehr zusammenhängenden und erst später sich theilenden an den *recessus utriculi* und an die zusammenliegenden Ampullen geht.

Bevor ich mich nun nach dieser Schilderung der morphologischen Verhältnisse zur Darstellung der vergleichenden Histologie des häutigen Gehörorganes wende, möchte ich auf zwei, durch die gesammte Wirbelthierreihe, mit Ausnahme der *Cyclostomen*, gehende Umstände aufmerksam machen und das ist einmal, von den Knochenfischen angefangen, die ungemeine Selbständigkeit des *sacculus* und der Schnecke, der *pars inferior* gegenüber der *superior*, die ja aus den Bogengängen, den Ampullen, dem *utriculus* mit seinem *recessus*, der Commissur und der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle besteht, und dann der Umstand, dass die *pars superior* zum überwiegenden Theile denjenigen Partien der Labyrinthknochen unmittelbar anliegt, die am unmittelbarsten den Schallwellen ausgesetzt sind. Sack und Schnecke liegen dagegen, von den Amphibien angefangen, vorzugsweise im Bereiche eines eigenen Schallzuleitungsapparates, dessen Schwingungen mehr oder minder mit der Schallwellenbewegung correspondirend zunächst die Bewegungen einer Flüssigkeit, der *Perilymphe*, auslöst, die sich bei allen mit eigenen Schallzuleitungsapparaten versehenen Thieren in beträchtlicher Menge zwischen ihnen und namentlich dem häutigen *sacculus* und der Schnecke befindet, und diese Bewegung muss sich dann vor allem der Aussenwand der soeben genannten Theile und somit der im Binnenraume befindlichen Flüssigkeit, der *Endolymphe*, mittheilen. Diese anatomische Sonderung des Gehörbläschens in eine obere und untere Abtheilung, dieses interessante Verhältniss der *pars superior* zum Knochen, namentlich des Schädeldachs, der *inferior* zum Schallzuleitungsapparate, also die fast vollständige Trennung des *cavum endolymphaticum* der oberen, des Bogenapparates oder des eigentlichen Labyrinthes von dem der unteren, des *sacculus* und der Schnecke, ferner die ausserordentliche Ausdehnung, die das *cavum perilymphaticum* sämmtlicher mit einem Schallzuleitungsapparate versehenen Thiere nach aussen von der *pars inferior* erfährt, so dass sich dasselbe nur in geringer Ausdehnung, am meisten noch bei den vorzugsweise im Wasser lebenden, höheren Wirbelthieren (*Perennibranchiaten, Ranae, Chelonia, Crocodilia*) an der *pars superior* nach oben fortsetzt und somit die *Perilymphe* im Wesentlichen sich nur an die Aussenwand des *sacculus* und der Schnecke hält, weist das nicht auf eine gewisse Differenz in der physiologischen Bedeutung dieser Theile hin? Gesetzt, der dem Knochen anliegende Theil der *pars superior* würde in Bewegung gesetzt und mit ihm die Endolymphe, so würde sich diese kaum durch die enge

Communication, die nur bei den Amphibien ein wenig weiter ist, immerhin aber ein geringes Caliber besitzt, nach unten in den *sacculus*, geschweige denn in die Schnecke fortsetzen können und umgekehrt, wenn durch den Schallzuleitungsapparat die Perilymphe sich ausserhalb des *sacculus* und der Schnecke in Bewegung setzte, würde diese Bewegung bei den meisten Wirbelthieren, namentlich den auf dem Lande lebenden, sich schwer nach oben der Perilymphe der *pars superior*, wegen ihrer Geringfügigkeit und weil dieselbe meistens von einem perilymphatischen, bindegewebigen Maschennetze durchzogen ist, mittheilen können, ebensowenig wie die durch die Perilymphe hervorgerufene Bewegung in der Endolymphe des *sacculus* und der Schnecke sich abermals wegen der Enge der Communication nach oben in die Endolymphe der oberen Abtheilung fortpflanzen könnte.

So glaube ich denn, dass, von den Teleostiern angefangen, die physiologische Funktion der beiden Abtheilungen des Gehörorganes, *sacculus* und Schnecke einerseits, *recessus utriculi* und Ampullen andererseits, denn alle diese sind Träger der Nervenendapparate, so gut wie vollkommen getrennt bestehen und somit auch gesondert betrachtet werden müssen. Ich glaube den Satz so formuliren zu können, dass bei denjenigen Thieren, bei denen zwei Schallleitungen bestehen, einmal durch die Knochen des Schädels, speciell des Daches, und zweitens durch einen eigenen Schallzuleitungsapparat (*columella*, Gehörknöchelchen), die *pars superior*, im Wesentlichen der Kopfknochenleitung dient, während die *pars inferior* vorzugsweise dazu bestimmt ist, die durch den Schallzuleitungsapparat hervorgerufene Bewegung zur Perception zu bringen. Dafür spricht dann auch ferner der Umstand, dass Hand in Hand mit der durch die ganze Wirbelthierreihe constant bleibenden, vielleicht sogar mit der immer tieferen Einbettung des Gehörorganes in Knochenmasse zunehmenden Unvollkommenheit der Kopfleitung, die *pars superior* nur in den niederen Klassen eine gewisse Fortbildung erfährt, dann aber im Wesentlichen stationär, mit Bezug auf die *pars inferior* aber zurückbleibt, während Hand in Hand mit der immer grösseren Vollkommenheit des Schallzuleitungsapparates eine immer grössere Vollkommenheit, eine immer grössere Ausbildung der *pars inferior* stattfindet.

Der zuerst ausgesprochene Satz von der differenten, physiologischen Funktion der *pars superior* und *inferior*, namentlich aber von den ausschliesslichen Beziehungen der unteren Abtheilung des Gehörapparates zum Schallzuleitungsapparate und der oberen zu den Kopfknochen hat nun aber vorzugsweise, wie ich hier gleich vorausschicken will, Geltung für die Landthiere, während sich für die im Wasser lebenden keine solche Ausschliesslichkeit der Beziehungen nachweisen lässt, und das möchte ich als einigermassen interessant wohl hervorheben, und für die *Perennibran-*

chiaten, Ranae, Chelonia, Crocodilia wäre der Satz dahin zu ändern, dass Schallzuleitungsapparat und *pars inferior*, Kopfknochen und *pars superior* wohl zusammengehören, aber nicht ausschliesslich. Das zeigt das Verhalten vor allem des *cavum perilymphaticum*, das bei diesen Thieren auch in ziemlicher Ausdehnung an der *pars superior* vorhanden ist, so dass Schallwellen, die die Kopfknochen treffen, diese Flüssigkeit und somit auch *per continuitatem* die an der *pars inferior* in Bewegung setzen werden, ebenso wie durch den Schallzuleitungsapparat hervorgerufene Bewegung der Perilymphe in Sack und Schnecke sich nach oben in die Perilymphe der *pars superior* und somit auf deren Nervenendapparate in den Ampullen und dem *recessus utriculi* fortpflanzen wird. Diese Andeutungen mögen genügen und es wäre interessant weiter zu verfolgen, in wie weit die Gleichmässigkeit des Medium, in welchem der in Flüssigkeitsmassen gelagerte Gehörapparat der im Wasser lebenden Thiere gegenüber dem der auf dem Lande lebenden auf den anatomischen Bau einwirkt.

Wie verhält es sich nun mit den Teleostiern, Ganoiden und Plagiostomen, die ja keinen gesonderten Schallzuleitungsapparat besitzen und dennoch die Trennung in eine *pars superior* und *inferior* nachweisen lassen, und wie bei den *Cyclostomen*, wo weder ein eigener Schallzuleitungsapparat, noch eine Trennung am Gehörorgane vorhanden, sondern die Schallwellen ausschliesslich durch Schwingungen der Kapsel des häutigen Labyrinthes fortgepflanzt werden? Bei ihnen werden natürlich sämmtliche Nervenendapparate durch die Schwingungen der sie umschliessenden Kapsel, sei dieselbe nun knorplig oder knöchern, angesprochen und zwar, wie bei den übrigen Wirbelthieren, dadurch, dass die von den Schallwellen in Schwingung versetzte Kapsel entweder direkt diese Bewegung auf die Wand des Gehörbläschens und somit auf die endolymphatische Flüssigkeit, oder indirekt durch Vermittlung der Perilymphe überträgt. Die Bewegung der Endolymphe theilt sich dann den in ihnen befindlichen Otolithenmassen mit und zwar in dem Sinne, dass correspondirend der Bewegung der Flüssigkeit eine Verschiebung derselben an den Oberflächen der *maculae* oder *cristae acusticae* stattfindet, die dann an den Nervenendapparaten unmittelbar das Auslösen des Nervenvorganges zur Folge haben muss. Es fragt sich nun aber, sind die Schwingungen der Gehörkapsel, hervorgerufen durch die die Kopfoberfläche treffenden Schallwellen, das einzige primär Bedingende der Auslösung der Bewegung der sämmtlichen Nervenendapparate bei den Fischen, oder gesellen sich dazu noch, wie bei den übrigen Wirbelthieren, die Bewegungen eines Schallzuleitungsapparates irgend welcher Art, aber besonders dazu bestimmt, den Nervenvorgang an den Nervenendapparaten des *sacculus* und der Schnecke auszulösen, und wie ist es denkbar, da mit wenigen in die Augen fallenden Ausnahmen (Teleostier

und Ganoiden), die incompressible peri- und endolymphatische Flüssigkeit in geschlossenen Kapseln (knöchernes und häutiges Gehörorgan) eingeschlossen ist, dass die Schallwellen überhaupt die Gehörkapsel in Bewegung setzen können und dass sich diese Bewegung durch die beiden Flüssigkeiten und durch die Wandung des häutigen Labyrinthes in gleicher Weise auf die Nervenendapparate fortpflanzen kann? Es muss entweder einen oder mehrere Wege geben, auf denen entweder die Peri- oder die Endolymphe oder beide zugleich nach aussen ausweichen können. Ferner wodurch wird es erreicht, dass nicht allzu starke Schwingungen des Gehäuses oder des besonderen Schallzuleitungsapparates entsprechend übermässige, für die Nervenendapparate Gefahr bringende Bewegungen in der endolymphatischen Flüssigkeit und den Otolithenmassen, die ja einem grossen Theile der Nervenausbreitungen aufruhen, veranlassen? Ist das Ohr mit solchen Schutzapparaten versehen, die namentlich wichtig, wenn die besonders leicht in ausgiebige Schwingungen gerathenden, besonderen Schallzuleitungsapparate (Trommelfell und Gehörknöchelchen) nicht wie bei den Menschen und Säugern, allenfalls noch bei den Vögeln durch besondere Muskeln in ihren Bewegungen regulirt werden können? Was die erste Frage betrifft, so finden wir bei allen Wirbelthieren Abflusswege für den *liquor perilymphaticus*, sei es, dass derselbe, wie bei den meisten Wirbelthieren, durch ein offenes *foramen rotundum*, oder durch die *apertura aquaeductus vestibuli* und die Eintrittsstelle des Nerven, wie bei den Fischen, oder durch den *meatus auditorius internus* und den *aquaeductus cochleae*, wie bei den höher stehenden Vögeln, den Säugern und den Menschen, entweichen kann. Damit ist die Möglichkeit der Bewegung sowohl der peri- als der endolymphatischen Flüssigkeit entsprechend der Bewegung vor allem der Schallzuleitungsapparate und somit die Möglichkeit der Bewegung an den Enden der Nervenausbreitungen gegeben, und was dann die zweite Frage betrifft, so besitzen wir darin auch einen Schutzapparat für das Uebermaass der Bewegung, indem durch den Abfluss eines Theiles der in Bewegung gesetzten Perilymphe durch den *ductus perilymphaticus* nach aussen die Gewalt gebrochen werden kann. Allein noch ein Zweites gesellt sich hinzu. Wenn dieser Schutzapparat nicht ausreichen sollte, so besitzen wir in der Vorhofswasserleitung, dem *ductus endolymphaticus*, ebenfalls einen solchen, dem ich, abgesehen von anderem, auch diese physiologische Bedeutung vindiciren möchte.

Betrachten wir nun nach diesen Auseinandersetzungen etwas näher die Consequenzen, die sich innerhalb der einzelnen Thierclassen aus den morphologischen Verhältnissen des häutigen Gehörorganes mit Bezug auf die Gehörempfindung ziehen lassen, so finden wir, von den *Arthropoden* abgesehen, deren Gehörorgan in vielen Beziehungen eigenartig ent-

wickelt von den bei den Wirbelthieren vorkommenden Verhältnissen sich entfernt, dass bei den Wirbellosen, mit Ausnahme der *Cephalopoden*, die Schallwellen entweder direkt oder indirekt durch Vermittlung der umgebenden Weichtheile, die Wandungen der Gehörblase und somit die Endolymphe oder bei denen mit offener Blase ohne weiteres diese selbst und dann den Otolithen, oder die Otolithenmassen in Schwingungen versetzen, die sich darauf unmittelbar, wie wir annehmen müssen, der Gesammtmasse der sonst unbeweglichen Gehörhaare, den Endapparaten des *acusticus* in der *macula* mittheilen und durch sie auf die letzten Nervenenden übertragen werden. Besitzen nun sämmtliche Gehörhaare dieselbe Länge, dieselbe Stärke, die gleiche Elasticität und chemische Zusammensetzung, so werden sämmtliche Nerven gleichmässig erregt und es wird eine einfache, ich möchte sagen qualitative Gehörempfindung zu Stande kommen. Zeigen jedoch dieselben, wie es von den *Arthropoden* nachgewiesen (es wäre das ein wichtiger Gegenstand der Untersuchung und es lässt das besonders, mit Bezug auf das Gehörorgan, die Gliederthiere eigenartig erscheinen) alle oder zum Theil bestimmte gesetzmässige Längen-, Dicken- oder Elasticitätsunterschiede, so kann man annehmen, dass diese nur auf bestimmte Schwingungen, auf eine gewisse Zahl derselben in der Zeiteinheit in Bewegung gerathen, somit auch nur dann die Nervenenden erregen und besondere Gehörempfindungen auslösen, die man bei den Insekten als Tonempfindung, als quantitativ, wie ich sie nennen möchte, betrachten muss. Denkbar wäre so etwas, wenn bisher auch noch keine Beobachtung, mit Ausnahme wie gesagt bei den *Arthropoden*, meines Wissens dafür spricht, und wenn ich auch aus vergleichend anatomischen Gründen nicht geneigt bin, bei den Wirbellosen, von denen der Typus der Wirbelthiere sich ableitet, eine solche Differenz in den Nervenendapparaten anzunehmen, da bei den Vertebraten in der Länge der Gehörhaare, sei es auf den *cristae*, sei es an den *maculae acusticae*, durchaus keine Unterschiede zu entdecken sind und man somit nicht ohne Weiteres die Befunde bei den in anderen Richtungen entwickelten, frühzeitig in der Classe der Wirbellosen abgezweigten Gliederthiere auf die übrigen Evertebratenclassen oder einen Theil derselben übertragen kann.

Bei den *Cephalopoden* finden wir, wenn die Schallwellen bis zu der Stelle, wo das Gehörorgan befindlich, vorgedrungen, nicht die, wie bei den übrigen Wirbelthieren, direkt vom Integumente oder von Weichtheilen überlagerte Wand des Gehörbläschens in Schwingungen gesetzt, sondern sie treffen zuerst die Kapsel desselben. Mit diesem geschlossenen Gehäuse sehen wir dann gleichzeitig den den Knorpel durchbohrenden Canal auftreten, der der Endolymphe auszuweichen gestattet und von dem ich vermuthete, dass er dem *recessus labyrinthi*, dem *aquaeductus*

vestibuli, oder dem *ductus endolymphaticus* der Wirbelthiere homolog. Mindestens ist seine physiologische Bedeutung die Gleiche. Die Schwingungen der Kapsel lösen die Bewegung der Perilymphe und diese durch die zarte Wand des Gehörbläschens, die gerade wegen ihrer Feinheit kein Bewegungshinderniss abgiebt, die Bewegung der Endolymphe aus, und diese theilt sich dann den Gehörhaaren der *crista* und den Otolithen der *macula* und somit der Gesammtmasse der Haare dieser mit. Die Nervenendapparate sind also getheilt, es vermag jede Gruppe derselben den Nervenvorgang auszulösen und so kann sich die Erregung von jeder der zwei Nervenausbreitungen zum Centralorgane fortpflanzen und hier in Gehörempfindung umgesetzt werden, die dann möglicherweise nicht länger einfach, sondern nach zwei Richtungen hin sich geltend macht. In welcher Weise nun aber, darüber wage ich bei diesen Thieren kaum eine Vermuthung. Vielleicht ist die Thatsache der doppelten Nervenausbreitung mit der Möglichkeit in Zusammenhang zu bringen, eine bestimmte Richtung, aus der die Schallwellen kommen, zu empfinden, wie dazu, wie wir gleich sehen werden, schon die niedersten Wirbelthiere im Stande sind.

Bei den *Cyclostomen* löst, wie bei den *Cephalopoden*, die Bewegung der Knorpelkapsel die Bewegung der peri- und endolymphatischen Flüssigkeit aus, ja bei den Neunaugen, wegen der direkten Anlagerung der Bogengänge, der Vestibularsäcke und der Ampullen an die Knorpelwand, direkt die Bewegung der Endolymphe. Es ist namentlich der obere äussere Theil der Kapsel, auf den die Schallwellen, als auf den am oberflächlichsten gelagerten, treffen. Dieser wird daher zunächst in Schwingungen versetzt und somit bei *Myxine* auch die Endolymphe der oberen Hälfte des ringförmigen Gehörbläschens und bei den Neunaugen die der beiden Bogengänge und die Flüssigkeit in der mit den Vestibularsäckchen communicirenden Commissur. Bei den *Myxinoiden* wird sich somit die Bewegung der Endolymphe nach vorne und hinten abwärts in die vordere und hintere Ampulle und über die im Ganzen queren *cristae* derselben in das *vestibulum*, an die *macula* fortpflanzen und an allen dreien die Otolithenmassen und somit die Gesammtheit der Nervenendapparate derselben in Bewegung setzen. Diese lösen dann den Nervenvorgang aus, der sich von jeder Nervenausbreitung, den *cristae* und der *macula* isolirt zum Gehirn fortpflanzen und hier wohl auch eine gesonderte Gehörempfindung auslösen kann. Da die *cristae* in den Ampullen vorne, respektive hinten aussen gelagert sind, die *macula* dagegen unten innen, so könnte dies das Thier befähigen, Schallwellen, die von vorne aussen, hinten aussen und von oben aussen kommen, zu unterscheiden, da diese sich je nachdem zuerst und leichter gegen die vordere äussere, oder die hintere äussere *crista*, respektive gegen die unten innen

befindliehe *macula* fortpflanzen können. Das, scheint mir, tritt noch klarer bei den Neunaugen zu Tage, bei denen die vordere und hintere Ampulle für die Bewegung der Endolymphe eine, ieh möchte sagen, gesonderte Leitung in den zugehörigen Bogengängen besitzen, die ja der Knorpelkapsel oben anliegen, wo dieselbe am ersten und leiehtesten von den Schallwellen getroffen wird und zwar so, dass die von vorne aussen kommenden sich dureh die Bewegung der Endolymphe des vorderen Bogenganges in die vordere Ampulle und deren *crista* fortpflanzen kann, während dasselbe mit dem von hinten aussen kommenden, dem hinteren Bogengange und der hinteren Ampulle mit ihrer *crista* der Fall ist. Allein auch die gerade von aussen treffenden Schallwellen vermögen eine gesonderte Empfindung zu erregen, dadureh, dass sie durch die Bewegung der Endolymphe in der Commissur in die Vestibularsäekehen und somit auf die Otolithenmassen des am Boden befindlichen *recessus utriculi, sacculi* und *cochleae* und deren ungetheilte *macula acustica* sieh fortsetzen können. Damit nun, dass diese Thiere wegen der eigenthümliehen Lagerungsweise der einzelnen Nervenausbreitungen und deren Zuleitewege die Möglichkeit der Empfindung der aus bestimmten Riehtungen kommenden Schallwellen besitzen, soll keineswegs gesagt sein, dass dann ausschliesslich die entspreehenden Nervenausbreitungen in Aktion treten. Das ist nicht der Fall, es wird der Gehörempfindung nur ein bestimmtes Loealzeiehen aufgedrückt. Es ist aueh dadureh ausgesehlossen, dass die Gehörkapsel wegen ihrer Continuität und somit auch der Inhalt *in toto* in Bewegung geräth, wenn diese auch an dem Orte der Erregung zuerst auftritt und von dort sieh durch die anliegende Leitungsbahn der Endolymphe an der zugehörigen Nervenausbreitung zuerst geltend macht.

Bei den Teleostiern, den Ganoiden und Plagiostomen treffen nun die Sehallwellen unmittelbar den oberen Theil der Gehörkapsel, der einen Theil des Sehädeldaehes bildet. An ihm liegt unmittelbar die eonvexe Wandung des sagittalen Bogenganges vorne, des frontalen hinten, des horizontalen aussen, ferner innen das obere Ende der Bogengangcommissur, so dass alle diese bei Sehwingungen der Gehäusewand mit ihrer endolymphatisehen Flüssigkeit direkt in Bewegung gerathen, die sich dann durch die Bogengänge in die entspreehenden Ampullen mit ihren queren frei in das *lumen* senkreeht ragenden *cristae* und deren Nervenausbreitung und dureh die Commissur, die von oben hinten, naeh unten vorne verläuft, direkt durch den nahezu in gleicher Richtung ziehenden *utriculus*, abgesehen von der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle, die ungünstiger angeordnet ist, gegen den auf der *macula* des *recessus utriculi* befindlichen Otolithen oder die Otolithenmasse und somit auf die Gesammtheit der Nervenendapparate derselben fortpflanzen kann. Die Ampullen und die Bogengänge sind dabei, wie bei den *Petromyzonten*,

nach aussen vorne, nach aussen hinten und gerade nach aussen gerichtet, während die Commissur und der *recessus* mit seiner *macula* im Wesentlichen nach oben sieh kehrt und so, glaube ich, werden nicht blos gesonderte Empfindungen von den von vorne aussen, hinten aussen und von aussen her auftreffenden Schallwellen, wie bei den Neunaugen, sondern auch mittelst der Commissur und der *macula utriculi* eine solche von den von oben her kommenden zu Stande kommen können.

Nun hat sich ja aber die *macula vestibuli* bei allen diesen Thieren, während sie bei den *Cyclostomen* ungetheilt war und von den von oben aussen kommenden Schallwellen vorzugsweise getroffen wurde, vollständig in eine *macula utriculi*, deren Funktion ich eben behandelt, und in eine *macula sacculi* und *cochleae* mit entspreehend gesonderten Otolithen und Otolithenmassen getrennt und beide sind, wie bekannt, mit den Räumlichkeiten des häutigen Gehörorganes, in denen sie sich befinden, *sacculus* und *cochlea*, fast vollkommen von den oberen abgeschieden, so dass die Bewegung der endolymphatischen Flüssigkeit sich nur schwer, wenn überhaupt, in die unteren Räume, in die *pars inferior* fortpflanzen kann. Wodurch werden denn diese ausgedehnten Nervenausbreitungen erregt? Damit komme ich wieder auf die anfangs von mir aufgeworfenen Hauptfragen zurück. Trotzdem dass der Theil der Kapsel, welcher sie umschliesst, weit getrennt von der Oberfläche des Schädels, der Körperoberfläche überhaupt, an der Schädelbasis befindlich, wird derselbe doch wohl wegen der Continuität mit dem Theile der Gehörkapsel, der am Schädeldache zuerst von den Schallwellen direkt getroffen wird, ebenfalls in Bewegung gerathen, allein ich glaube, das Maass der Bewegung wird, einmal wegen der grossen Entfernung, zweitens aber, weil die Kapsel wegen der Nahtverbindungen der Knochen unter sich und mit benachbarten nicht homogen ist, geringfügiger sein. Somit, glaube ich, hat man an etwas Anderes zu denken und darauf weisen vor allen Dingen die *Clupeiden* hin. Bei diesen Thieren bildet der den Sack und die Schnecke umschliessende Theil der Gehörkapsel die Binnenwand der Rachenkiemenhöhle, was mehr oder minder auch bei den übrigen der Fall, und so sehen wir denn, dass Schallwellen, die ja direkt in die Kiemenhöhle treten können, die Aussenwand des unteren Theiles der Kapsel und somit die Aussenwand des darin eingeschlossenen *sacculus* und der Schnecke, und namentlich die des ersteren ist ausserordentlich zart, treffen können, wodurch dann wieder die Bewegung der Endolymphe, der Otolithen und somit der Nervenendapparate ausgelöst wird. Ja wir finden sogar bei den *Clupeiden* in der Aussenwand dieses Theiles der Gehörkapsel ein *foramen ovale*, das durch das Periost und die Rachenschleimhaut, schwingungsfähige Membranen, verschlossen ist, deren Bewegungen vollkommen mit der Schall-

bewegung correspondiren können und somit sehen wir hier einen zweifachen Apparat, einmal einen bestimmt für die Schallleitung durch die Kopfknochen, und einen für die aus der Rachenkiemenhöhle, welch letzterer wegen des Auftretens eines *foramen ovale* und des membranösen Verschlusses desselben am vollkommensten bei den *Clupeiden*. Diese bei den Häringen so ausserordentlich ausgebildete Leitung findet dann bei excessiven Bewegungen in der Endolymphe des *saeculus* und der Schnecke wiederum ihr Correktiv in dem Auftreten des *ductus endolymphaticus*, der allen Fischen zukommenden Vorhofswasserleitung.

Ich möchte die Fische nicht verlassen, ohne auf einen Umstand aufmerksam zu machen, dessen Wichtigkeit bei den Plagiostomen zuerst E. H. Weber in seiner berühmten Arbeit hervorgehoben. Auch diese besitzen in ihrer Gehörkapsel ausser der an der Schädeloberfläche befindlichen *apertura aquaeductus vestibuli* eine Oeffnung, die durch eine schwingungsfähige, das Periost fortsetzende Membran verschlossen ist und sich an der Commissur, an dem oberen Ende des hinteren Bogenganges befindet und in den bedeutenden, nach aussen vom häutigen Gehörorgane gelegenen, perilymphatischen Raum führt. So haben wir denn ausser der dicken Knorpelkapsel einen vollkommenen Leitungsapparat für die Schallwellen ins Innere derselben, die somit die peri- und endolymphatische Flüssigkeit direkt ohne Vermittlung der Knorpelkapsel, die ihre Bedeutung wie bei den übrigen Fischen besitzt, in Bewegung setzen und somit auch den Nervenvorgang, namentlich am Sack und an der Schnecke, nach aussen von welchen das *cavum perilymphaticum* sich vorzugsweise ausdehnt, auslösen können. Wir haben, wenn auch kein Homologon, so doch ein Analogon des *foramen ovale* und der *membrana tympani* der *Clupeiden* und somit ein Ohr, das weit vollkommener die Gehörempfindung hervorrufen kann, als es bei den übrigen Fischen möglich, und dazu gesellt sich dann noch der unter dem Integumente in seiner periostalen Hülle gelegene *saccus endolymphaticus*, der ebenfalls so gut wie direkt von den Schallwellen getroffen wird und die Bewegung seiner endolymphatischen Flüssigkeit durch den *ductus endolymphaticus* in den *saeculus*, respektive wie bei den Rochen, in den *recessus utrieuli* fortpflanzen und somit eine Empfindung der direkt auftreffenden Schallwellen vermitteln kann. Ist es da zu verwundern, wenn *Clupeiden* und *Plagiostomen* vor allem ein feines Gehör besitzen?

Bei den Amphibien finden wir nun, wie bei den Fischen, die *pars superior*, namentlich in dem oberen Theile der Gehörkapsel, sehr oberflächlich, bedeckt von Weichtheilen und theilweise von den Knochen des Kiefergerüstes, in der Höhe des Schädeldaches gelagert, wenn auch nicht so unmittelbar unter dem Integumente wie bei den Fischen. Somit treffen die Schallwellen, wenn auch nicht so direkt, wie bei der niederen

Classe, die Kapseloberfläche, der die Bogengänge und das obere Ende der Commissur in derselben Weise, wie bei den Fischen, unmittelbar anliegen, während der untere Theil der Kapsel, der die *pars inferior, sacculus* und Schnecke, umschliesst, an seiner Aussenfläche, in einem *foramen vestibulare* oder *ovale* eingelassen, einen eigenen Schallzuleitungsapparat trägt, der oberhalb der Rachenhöhlenschleimhaut gelagert bis dicht unter das Integument an der Seitenfläche des Schädels sich erstreckt und hier, wie bei den *Ranae,* sich an einer schwingungsfähigen, elastischen *membrana tympani* befestigen kann.

Verfolgen wir nun, da wir in der Morphologie der *pars superior,* die die Ampullen, die zugehörigen Bogengänge, die Commissur, die Verbindungsröhre der hinteren Ampulle, den *recessus utriculi* und den *utriculus* selber umfasst, keine bedeutenden Differenzen von jetzt an bis zu den Menschen empor wahrnehmen können, bevor wir dann zur Betrachtung der viel wichtigeren *pars inferior,* dem Sacke und der Schnecke übergehen, dieselbe nach den gemeinsamen Gesichtspunkten durch die übrigen Classen der Wirbelthiere, so finden wir, dass einmal bei allen die Bogengänge sammt dem oberen Ende der Commissur mit ihrer Convexität wiederum der oberen Wand des Gehäuses unmittelbar anliegen, die zunächst, wie bei den Fischen, von den Schallwellen getroffen wird, und ferner, dass bei den meisten, namentlich den Landthieren, wie bereits erwähnt, das *cavum perilymphaticum* nur durch enge Oeffnungen mit dem der *pars inferior* communicirt und gewöhnlich von mehr oder minder dichten Fasersträngen, zuweilen sogar von einem dichten bindegewebigen Maschennetze wie bei den Schildkröten durchzogen ist. Ferner ist die Communication mit der *pars inferior* nicht blos nicht weiter geworden, sondern von den Fröschen angefangen wird sie im Gegentheile immer enger, und weiter finden wir, dass, wenn auch der *utriculus* mit dem *recessus* und seiner *macula* nicht ganz so vollkommen, wie bei den Fischen, in der Verlängerung der Commissur zu liegen kommt, derselbe dennoch wohl als direkte Verlängerung derselben anzusehen ist, und endlich, dass, je mehr wir uns den Säugern und den Menschen nähern, desto mehr die verticalen Bogengänge und die Ampullen nach vorne oben, respektive nach hinten unten zu liegen kommen und dass dann die Commissur, statt gerade nach oben zu sehen, nach hinten oben sieht, während der horizontale Gang beibleibt nach aussen gewandt zu sein. Weiter finden wir, dass von den Amphibien angefangen bis zu den Säugern immer mehr Knochenmassen und Weichtheile sich über die *pars superior* weglagern und somit dieselbe in ihrem knöchernen Gehäuse immer mehr der direkten Einwirkung der die Schädelknochen treffenden Schallwellen entziehen, so dass bei den höchsten Wirbelthieren immer mehr Massen in Bewegung gesetzt werden müssen, als es bei den nieder-

sten der Fall. Die Bewegung wird mit der Massenzunahme an Intensität verlieren und würde noch mehr verlieren, wenn nicht, wie bei den Crocodilen, Vögeln und Säugern, sämmtliche oder mindestens ein Theil der überlagernden Knochen spongiös wäre, lufthaltige Hohlräume umschlösse. Ich glaube somit, dass auch bei den Amphibien, den Reptilien, Vögeln und Säugern die *pars superior* mit ihren Nervenausbreitungen, den drei *cristae* und der *macula utriculi*, der Kopfknochenleitung dient, die Schallwellen zur Perception bringt, die die Bewegung in den Knochen des Schädeldaches, respektive in der Luft der Hohlräume derselben auslösen, eine Bewegung, die sich dann auf die Knochen der Gehörkapsel, von da auf die anliegenden convexen Wandungen der Bogengänge mit der in ihnen enthaltenen Endolymphe fortpflanzt und durch sie zu den zugehörigen Ampullen, respektive zu dem *recessus utriculi*, allenfalls zu der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle und somit zu dieser selbst geleitet wird, wo sie in ersteren auf die queren, frei vorspringenden *cristae* mit ihren Nervenendapparaten, in letzterem auf den Otolithen und durch denselben auf den von ihm überlagerten Nervenendapparat, respektive der *crista* der hinteren Ampulle trifft, die sämmtlich in die entsprechende Bewegung gesetzt werden. Ich glaube ferner, dass durch die eigenthümliche Stellung der Ampullen, der Commissur, des *utriculus* mit seinem *recessus* und der Verbindungsröhre der hinteren, alleinstehenden Ampulle die Amphibien und Reptilien befähigt werden, vorzugsweise von vorne aussen, hinten aussen und von aussen und oben kommende Schallwellen in ihrer Richtung zu unterscheiden, und zwar einmal durch die drei Ampullen mit ihren Bogengängen und dann durch die Commissur, den *utriculus* mit seinem *recessus* und vielleicht der Verbindungsröhre der hinteren Ampulle und dieser selbst. Bei den Vögeln, den Säugern und den Menschen würde dann vorzugsweise eine Richtung des Schalls von vorne, hinten, aussen und oben hinten zum Bewusstsein kommen können. da die einzelnen, dem Orte der Erregung der Bewegung an der Gehörkapsel zunächst gelegenen Theile, Bogengänge und oberes Ende der Commissur diese Richtung besitzen. Nun wird man freilich gegenüber der Ausschliesslichkeit dieser Funktion der *pars superior*, die ja übrigens, wie schon früher bemerkt, nicht einmal ausschliesslich ist, sondern einmal wegen der Continuität der Knochen der Kapsel und zweitens, namentlich bei den Wasserthieren, wegen des Zusammenhanges der *cava perilymphatica*, auch zum geringen Theile der *pars inferior* zukommt, einwenden, dass bei den Säugern und den Menschen doch beobachtet wird, dass der *recessus utriculi* mit seiner *macula acustica*, die fast den ganzen *utriculus* einnimmt, in den Bereich des ausgedehnten *cavum perilymphaticum* des Vorhofs nach aussen vom *sacculus* fällt, welches sich nach innen von der *basis stapedis*, des Schallzuleitungsapparates, so

beträchtlich ausbreitet und somit der durch die Schallwellen erregten Bewegung der Flüssigkeit folgen muss, was bei den niederen Wirbelthieren höchstens in einem beschränkten Maasse der Fall. Entweder liegt nämlich bei ihnen der *recessus* in einer eigenen Knochenhöhle, die nur wenig mit dem zu dem Schallzuleitungsapparate in Beziehung tretenden, nach aussen vom *sacculus* befindlichen *cavum perilymphaticum* communicirt, oder er wird, wie es bei den Eidechsen z. B. in hohem Grade der Fall, von dem mächtig ausgedehnten *sacculus* mit seiner Otolithenmasse überlagert. Warum wird nun bei den Säugern und den Menschen die endolymphatische Flüssigkeit des *utriculus* nicht der Bewegung der perilymphatischen Flüssigkeit des *vestibulum*, die durch die Schwingungen des Schallzuleitungsapparates der Gehörknöchelchen hervorgerufen ist, folgen und somit durch die Erregung der Nervenendapparate der *macula utriculi* eine Gehörempfindung hervorgerufen werden? Dabei ist der Umstand zu beachten, dass die *macula* allein von allen Wirbelthieren, bei den Säugern und den Menschen sich vorzugsweise an der Aussenwand des *recessus utriculi*, des *sacculus hemiellipticus* ausdehnt, während sie sonst am Boden, an der Unterwand befindlich, und dass sie gleichzeitig dort, wo sie auftritt, einmal von zahlreichen Nervenfasern überlagert erscheint und dann die Wand so ausserordentlich verdickt ist, dass sie Bewegungen im *liquor perilymphaticus* nicht unbedeutenden Widerstand zu leisten im Stande ist. Jedenfalls werden sie sich nur ausserordentlich schwer in die endolymphatische Flüssigkeit des *utriculus* fortpflanzen können. Könnte aber auch mittelst der *macula utriculi* eine durch die Schwingungen der Gehörknöchelchen hervorgerufene Nervenbewegung und somit eine Gehörempfindung zu Stande kommen, so glaube ich doch, dass dieser *modus*, wie bei den übrigen Wirbelthieren, gegenüber der durch die Knochenleitung hervorgerufenen zurück steht. Diese durch die Kopfknochen hervorgerufene Bewegung afficirt die gesammten Nervenendapparate, so dass wir hier, wie bei den Fischen, durch die einzelnen Abtheilungen der *pars superior* einfache, qualitative Gehörempfindungen vermittelt sehen.

Sehen wir nun zu, welche physiologische Bedeutung den morphologischen Verhältnissen, der *pars inferior*, dem *sacculus* und der Schnecke zukommt, so habe ich bereits erwähnt, dass, wie es schon bei den *Clupeiden* der Fall, derjenige Theil der Gehörkapsel, welcher diese Theile umschliesst, ganz constant bis zu den Menschen empor die Oeffnung zur Einfügung des Gehörknöchelchenapparates zeigt, dessen Stossrichtung bei sämmtlichen Thieren so geht, dass derselbe senkrecht auf die Aussenwand der ihm gegenüberliegenden Theile trifft. Diese können nun entweder, wie bei den Amphibien, der ganze Sack und die gesammte Schnecke, oder wie bei den Reptilien vorzugsweise der Sack und die

Basis, der obere Theil der Schnecke, oder wie bei den Vögeln, hauptsächlich die Schneckenbasis und nur theilweise der *sacculus*, oder wie bei den Säugern und den Menschen, ausschliesslich der *sacculus* sein. Somit sehen wir denn, dass in den meisten Fällen der *sacculus*, und zwar die Aussenwand desselben, in der Stossrichtung der Gehörknöchelchen, respektive, wie bei den *Clupeiden*, vorzugsweise gegenüber der schwingenden Membran des *foramen ovale* liegt. Weiter sehen wir als durchstehend, dass die Aussenwand der Theile von dem Schallzuleitungsapparate durch ein beträchtlich ausgedehntes *cavum perilymphaticum* getrennt ist und dass somit zunächst nicht wie an der *pars superior* die Wand des häutigen Gehörorganes in Bewegung geräth, sondern die perilymphatische Flüssigkeit, die dann wieder, ohne von Seiten der ausserordentlich zarten Aussenwand der *pars inferior* ein Hinderniss zu erfahren, die Endolymphe in Bewegung setzen kann. Ferner finden wir, dass von den Amphibien angefangen die Schnecke sich immer mehr vom *sacculus* differenzirt, immer weiter auswächst und zwar ein besonderer Theil derselben, die *pars basilaris*, mit der in der Richtung des Knorpelrahmens derselben ausgespannten Membran, die bei den Säugern und den Menschen die einzige Trägerin der *macula acustica* ist und sich dadurch als der wichtigste Bestandtheil der Schnecke darthut, während sie bei den Reptilien und den Vögeln einem immer grösser werdenden Theile derselben zum Widerlager dient. Diese wachsende Differenzirung geht Hand in Hand mit einem wachsenden Engerwerden der Communication zwischen Schnecke und Sack, einer immer grösseren Selbständigkeit der Schnecke und das weist, meine ich, wie bei der *pars superior* und *inferior in toto*, auf eine Differenz in der physiologischen Funktion beider Theile hin, die sich von vorne herein dahin präcisiren lässt, dass, von den Reptilien angefangen, der *sacculus* ausschliesslich Vermittler einer durch die Bewegungen des besonderen Schallzuleitungsapparates bedingten, einfachen Gehörempfindung ist, während dagegen die Schnecke freilich auch eine solche vermitteln kann, aber, von den Reptilien angefangen, immer mehr dazu dient, die durch die Gehörknöchelchen hervorgerufene Bewegung in einen Nervenvorgang umzusetzen, der im Centralorgane die Tonempfindung bedingt, eine Funktion, die wohl bei den Säugern und den Menschen, vielleicht auch schon bei den Vögeln, nahezu als ausschliesslich anzusehen ist.

Ist bei den *Clupeiden* die Aussenwand, namentlich des *sacculus* und auch der Schnecke, der in dem Homologon des *foramen ovale* der höheren Thiere ausgespannten Membran, dem Analogon der *membrana tympani*, entgegengewandt, die durch Schallschwingungen in der Kiemenrachenhöhle in Bewegung gesetzt wird, welche Bewegung sich dann in den Sack und die Schnecke durch die Endolymphe und mittelst der Oto-

lithen auf die Nervenendapparate, die *maculae acusticae* fortpflanzen und somit eine einfache Gehörempfindung auslösen kann, so ist das auch bei den Amphibien der Fall. Namentlich bei *Siredon, Triton* und *Salamandra* sahen wir die zarte Aussenwand des ungemein ausgedehnten *sacculus* und die dicke der kleinen *lagena*, zu denen sich bei den Fröschen die derbe *membrana Reissneri* gesellte, dem *foramen ovale* und der *basis columellae* entgegengewandt und diese wird bei denjenigen Thieren, die wie *Siredon, Triton* und *Salamandra* kein Trommelfell besitzen, theilweise wohl von den Schallwellen in der Rachenhöhle in Bewegung gesetzt, da, wie das auch bei den Schlangen der Fall, die *columella* bei *Siredon* der Schleimhaut derselben ausserordentlich nahe liegt, ebenso nahe wenigstens, wie dem äusseren Integumente, und so sehen wir denn Verhältnisse, die einigermassen mit denen der *Clupeiden* übereinstimmen. Bei *Rana* wird dagegen, wie bei allen höheren Thieren, die Bewegung vorzugsweise durch das Trommelfell vermittelt und die Rachenleitung, die bei diesen Thieren durch die *tuba* geht, welche wenigstens bei ihnen und den Reptilien, mit Ausnahme der Crocodile, weit offen ist, tritt, wenn sie auch nicht ausgeschlossen, so doch in den Hintergrund. Da bei allen Amphibien die Aussenwand des *sacculus* ausserordentlich zart, die Aussenwand der *lagena* dagegen, oder die *membrana Reissneri* bei den Fröschen sehr derb, so wird letztere wenigstens der direkten Fortpflanzung der Bewegung in die endolymphatische Flüssigkeit bedeutenden, erstere dagegen gar keinen Widerstand leisten, allein da Schnecke und Sack weit mit einander communiciren, so wird sich die Bewegung der Endolymphe des *sacculus* einfach auf die der Schnecke fortpflanzen und sowohl hier wie dort die gesammten Nervenendapparate der *maculae* ansprechen und zwar in dem Sacke durch die Bewegung der ungemein entwickelten, die endolymphatische Flüssigkeit auf geringe Theile des Sackbinnenraumes beschränkenden Otolithenmassen. Da die Bewegung der Endolymphe in dem Sacke und der Schnecke wegen der kaum nennenswerthen Ausdehnung der letzteren gegenüber dem ersteren als nahezu gleichzeitig anzusehen, so werden auch die gesammten Nervenendapparate der *maculae* so gut wie gleichzeitig und auf dieselbe Weise erregt, und es wird somit auch wohl die Gehörempfindung nur eine einfache sein. Die Bewegung kann sich nur mehr oder minder schwer auf die *pars superior* fortpflanzen, weil einmal die Quantität der Endolymphe wegen der Ausdehnung der Otolithen im Sacke an und für sich eine unbedeutende und dann, weil die Communication immerhin verhältnissmässig eng und die Sackwände gegenüber der *pars superior* sehr selbständig, so dass Bewegungen derselben oder der Otolithenmassen sich nicht unmittelbar *per contiguitatem* in weiter Ausdehnung auf die Wände des oberen, eigentlichen Labyrinthes fortsetzen können und das gilt, wie

ich ein für alle Mal hervorheben will, für sämmtliche noch zu betrachtenden Wirbelthiere mit der Restrinktion, die ich bereits früher hervorgehoben. Die Bewegung der Otolithenmassen ist, da sie senkrecht von aussen auf der Fläche von der Bewegung der Flüssigkeit getroffen werden, der Art, dass sie gegen die Nervenendapparate der an der Innenwand, respektive, wie bei der *lagena*, an dem inneren Theile der Hinterwand befindlichen *maculae acusticae* drücken, wie ich das ebenfalls für die Fische annehme.

Bei den Schlangen, Blindschleichen, Eidechsen und Schildkröten nun, die im Wesentlichen übereinstimmende morphologische Verhältnisse zeigen, so dass die physiologischen kaum einer für jede Classe gesonderten, eingehenden Betrachtung bedürfen, während das allerdings schon für die Crocodile nöthig, finden wir den namentlich bei den Blindschleichen und Eidechsen ungeheuer ausgedehnten Sack und die Basis der sehr selbständig gewordenen, in ihrer *pars basilaris* immer mehr auswachsenden und nach unten und hinten von dem *sacculus* zum Vorschein kommenden Schnecke mit ihren Aussenwänden dem Schallzuleitungsapparate im *foramen vestibulare* entgegengekehrt. Die Aussenwand des *sacculus* ist wieder ausserordentlich zart, die der Schnecke aber, die *membrana Reissneri*, nicht minder, so dass keine derselben irgend ein Bewegungshinderniss abgiebt. Die Aussenwand des *sacculus* und die *membrana Reissneri* des oberen Schneckentheiles bilden nun auch hier die Innenwand eines gegen das *foramen ovale*, dagegen nur in immerhin geringer Ausdehnung, am meisten bei *Chelonia*, an der *pars superior* sich fortsetzenden, mächtigen *cavum perilymphaticum*, das mit der Perilymphe angefüllt an der Vorderwand der Schneckenbasis in eine weite, an der Schneckeninnenwand gelegene Röhre sich fortsetzt, die als eine äussere Wand die ganze *membrana basilaris* besitzt und durch das *foramen rotundum* weiter verläuft. Jede Bewegung also, die durch Vermittlung des Gehörknöchelchens in der perilymphatischen Flüssigkeit entsteht, wird sich mit Leichtigkeit durch die weite Röhre des *ductus perilymphaticus* fortpflanzen können, und somit wird sich die Bewegung nicht blos durch die Sack- und Schneckenaussenwand in die Endolymphe der beiden Theile fortpflanzen und somit die Nervenendapparate der *macula sacculi* durch Hülfe der Otolithenmasse, sowie die Gesammtheit derselben in der *macula* der *pars basilaris* und der *lagena* erregen, sondern die durch den *ductus perilymphaticus*, der Schneckenwasserleitung fortgepflanzte Bewegung wird auch gesondert die *membrana basilaris*, die ja die eine Wand desselben bildet und den auf ihr befindlichen Theil der *macula acustica* mit ihren Nervenendapparaten ansprechen können. Was dieser letztere Umstand zu bedeuten hat, darauf komme ich bei der Schilderung der histologischen Verhältnisse der Basilarmembran zurück.

Jedenfalls sehen wir so viel, dass in demselben Augenblicke, wo die *membrana basilaris* einen Theil der Nervenendapparate, was bei den Fröschen und Salamandern nicht der Fall, trägt, eine Einrichtung vorhanden ist, dieselbe direkt in Schwingungen zu versetzen. Diese Bewegung in der Endolymphe und in der Basilarmembran der Schnecke setzt sich sicherlich wegen der Enge der Communication, die ja bei den Blindschleichen und Eidechsen den höchsten Grad erreicht, nicht bis in den *sacculus* fort. Da der Otolith des Sacks den Binnenraum desselben beinahe ganz ausfüllt und durch die Bewegung der Flüssigkeit bei der Bewegung der *columella* nach innen gegen die gesammte *macula* und deren Nervenendapparate getrieben wird, wird somit auch hier die einfache Gehörempfindung ausgelöst. Jedes Uebermaass der Bewegung wird im Sacke der Reptilien, wie in der Schnecke und dem *sacculus* der Amphibien und Fische durch den in den *sacculus* mündenden und die Gehörkapsel durchbohrenden *ductus endolymphaticus s. aquaeductus vestibuli*, verhindert, während dasselbe bei den Reptilien mit gesonderter Schnecke vorzugsweise durch den peripherisch weiter verlaufenden *ductus perilymphaticus*, den *aquaeductus cochleae* ausgeglichen wird.

Bei den Crocodilen, den Vögeln, den Säugern und den Menschen ist nun meiner Ansicht nach das physiologische Verhalten des *sacculus* im Wesentlichen dasselbe, wie bei den niederen Reptilien, mit der Ausnahme, dass die Bedeutung desselben für das Zustandekommen der einfachen Gehörempfindung bei Schwingungen des Schallzuleitungsapparates bei den Crocodilen geringer, als bei den Eidechsen, bei diesen aber wieder grösser, als bei den Schlangen, bei den Vögeln dann wieder bedeutend geringer, als bei den Crocodilen, bei den Säugern und den Menschen dann wieder etwas grösser, als bei diesen, und das wird bedingt durch die bald grössere, bald geringere relative Ausdehnung des *sacculus* und dessen *macula*, die freilich nicht ganz als proportional anzusehen sind, und der Zahl der Nervenendapparate. Im Uebrigen gilt auch für diese Thiere, was für die übrigen Reptilien galt, dass die Fortpflanzung der Bewegung der Endolymphe des *sacculus*, respektive des Otolithen einmal auf die *pars superior* und zweitens auf die Schnecke und von dieser wieder in den Sack wegen der immer grösser werdenden Enge der Communicationen als nahezu ausgeschlossen anzusehen ist.

Wie verhält es sich nun aber mit der Schnecke? Das nach aussen von dem *sacculus* im Vorhofe oder in der *cavitas vestibuli* befindliche *cavum perilymphaticum*, dessen Flüssigkeit durch die Stösse der Gehörknöchelchen in Bewegung gesetzt wird, findet sich nicht allein auf die Schneckenbasis beschränkt und setzt sich durch den *ductus perilymphaticus* und das *foramen rotundum* ausserhalb der Gehörkapsel fort, sondern wir sehen dasselbe sich über die gesammte Aussenwand der Schnecke oder

das Homologon derselben bei den niederen Reptilien, über die *membrana Reissneri* abwärts gegen die Spitze, an der Aussenwand der *lagena* oder dem häutigen Kuppelblindsacke erstrecken und hier im Grunde der knöchernen *lagena*, des knöchernen Kuppelblindsackes, sich in die *scala tympani*, das Homologon des *ductus perilymphaticus* der niederen Reptilien, an der Innenwand der *lagena* öffnen. Diese *scala* verläuft ja an der *membrana basilaris* nach oben gegen das *foramen rotundum* und öffnet sich entweder durch dasselbe, oder, wenn es, wie bei den höheren Vögeln, den Säugern und den Menschen, durch die *membrana tympani secundaria* verschlossen ist, durch den *aquaeductus cochleae*. Jede Bewegung also im *cavum perilymphaticum* muss sich durch die ganze *scala vestibuli*, an der ganzen Schneckenaussenwand, über den häutigen Kuppelblindsack (*helicotrema*), in die ganze *scala tympani*, an die gesammte Schneckeninnenwand und somit die Basilarmembran fortpflanzen, und die Zahl der Schwingungen der Knöchelchen, speciell der *basis columellae s. stapedis* muss sich an der ganzen Basilarmembran und in der Endolymphe wiederholen und sich somit auch an der *membrana tympani secundaria* geltend machen, und das ist ja auch bis zu einem gewissen Grade unter der Voraussetzung eines bestimmten Druckes, unter dem die Perilymphe stehen muss, unter Helmholtz's Leitung von Burnett [1]) direkt bei Säugethieren und den Menschen nachgewiesen. Excessive Bewegungen werden auch hier entweder durch den *ductus perilymphaticus* und den peripherischen Abfluss desselben, durch das *foramen rotundum*, oder, wie bei den Säugern und den Menschen, durch den *aquaeductus cochleae*, wenn auch wegen der Enge des Abflussrohres kaum so vollkommen, wie bei den niederen Thieren, ihr Correktiv finden, ganz abgesehen von dem Muskelapparate, der sich bei Vögeln und Säugern an die Gehörknöchelchen anheftet. Die Bewegung der Gehörknöchelchen wird also eine Bewegung längs der ganzen *membrana basilaris*, die ja bei den Säugern und Menschen nahezu den ganzen häutigen Kuppelblindsack absorbirt, und an der darauf befindlichen *macula acustica* auslösen, andererseits wird sich aber auch die Bewegung durch die *membrana Reissneri*, da sie auch längs dieser verläuft und diese Haut immerhin zart erscheint, am zartesten bei den Säugern und Menschen, etwas weniger bei Reptilien und Vögeln, bei denen sie möglicherweise ein Bewegungshinderniss sein kann, in der Endolymphe und somit an den Nervenendapparaten der *macula* und durch die Otolithenmasse der *lagena* der Crocodile und Vögel an den Nervenendapparaten der *macula* dieses Schneckentheils, in ihrer Gesammtheit geltend machen. Die letztere Bewegung, die der Endolymphe der *scala cochlea-*

1) An investigation concerning the mechanism of the ossicles of hearing. Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde. Vol. II. 1872.

ris, wird demnach, da sie die Gesammtheit der Nervenendapparate wie im *sacculus* trifft, gegenüber der durch die *membrana basilaris* vermittelten, die wir später besonders betrachten wollen, eine einfache Gehörempfindung veranlassen. Keine kann sich aber in irgendwie nennenswerther Weise nach oben hin gegen den *sacculus* fortpflanzen, da die Communication des *canalis reuniens*, wie wir wissen, ausserordentlich eng und höchstens in Verbindung mit dem *ductus perilymphaticus* als eine Art Sicherheitsventil betrachtet werden könnte.

So habe ich denn versucht, aus den gegebenen morphologischen Verhältnissen in der Thierreihe allgemeine physiologische Folgerungen zu ziehen, und es frägt sich nun noch, ob denn das Gehörorgan allein Vermittler der Gehörempfindungen ist, oder ob dasselbe noch eine andere Rolle spielt. Wir wissen ja aus den Versuchen von Flourens, die in der Neuzeit vorzugsweise durch Goltz erweitert worden sind, dass durch eine entweder partielle, oder totale Zerstörung der *pars superior*, die bei den Vögeln leicht vorgenommen werden kann, eigenthümliche Gleichgewichtsstörungen eintreten, die darauf hinzuweisen scheinen, dass gerade der Bogenapparat, an dem ausschliesslich experimentirt wurde, in näherer Beziehung zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes steht, ja es scheint Vieles darauf hinzuweisen, dass das sogar seine wesentlichste Funktion ist. Ich habe diese Experimente theilweise an Vögeln, vor allem aber mit einem meiner Schüler, Dr. Rupprecht, an Fröschen nachgemacht und ich habe gerade diese Thiere gewählt, weil es bei ihnen ausserordentlich leicht gelingt, alle möglichen Nebenumstände, Blutungen, Zerstörungen der Knochen und Gehirnverletzungen auszuschliessen. Es ist möglich, eine subcutane Zerstörung des gesammten Gehörorganes innerhalb der Kapsel ohne den geringsten Blutverlust, sogar fast ohne Abfluss der peri- und endolymphatischen Flüssigkeit vorzunehmen. Wir bedienten uns zur Ausführung unserer Experimente einer geraden, starken und einer an der Spitze hakenförmig gekrümmten Nadel, mit welcher ersteren wir die Gehörkapsel an einer gleich näher anzugebenden Stelle anbohrten, um dann mit vorsichtigem Hineinführen der gekrümmten Nadel in die Bohröffnung eine totale Zerstörung des Gehörorganes vorzunehmen. Wir trennten gewöhnlich die Haut mittelst eines Längsschnittes in der Mitte der Hinterhauptsgegend und zogen die Wundränder vorsichtig auseinander, bis wir die die Oberfläche der Labyrinthkapsel deckende Muskulatur und das über dieselbe verlaufende, als Anhaltspunkt wichtige Gefäss zu Gesicht bekamen. Die gerade Nadel wird ein wenig lateralwärts von demselben senkrecht durch die Muskulatur auf die Oberfläche der Gehörkapsel gestossen und trifft dort auf die Knorpelmasse, in der sich das rudimentäre *epoticum* (Taf. XVIII. Fig. 4 *d*) entwickelt, und es gelingt jetzt, wenn der Stich richtig geführt,

mit Leichtigkeit, eine Oeffnung in die Gehörkapsel zu bohren, in dieselbe die hakenförmig gekrümmte Nadel hineinzuführen und die Zerstörung des häutigen Gehörorganes, sei es auf einer oder auf beiden Seiten, vorzunehmen. Bei einseitiger Zerstörung beobachtet man dann gewöhnlich gleich ein Hängen des Kopfes auf die Seite, beim Sprunge vorwärts eine laterale Abweichung und Verlust des Gleichgewichts, das noch deutlicher bei doppelseitiger Zerstörung auftritt, wobei sich die Thiere dann beim Sprunge oder beim Schwimmen regelmässig überkugeln. Wir conservirten die operirten Thiere lange Zeit, ohne eine Abnahme der bemerkenswerthen Erscheinungen zu beobachten, nur die schräge Kopfhaltung pflegte nach kurzer Zeit zu verschwinden.

Es frägt sich nun, welche Erklärung wir für diese Störung des Vermögens der Thiere, das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten, haben, möge die Zerstörung sich auf einen Theil des Gehörorganes, oder auf das gesammte ausdehnen, möge ferner die Störung wie bei Vernichtung eines einzelnen Bogenganges in bestimmter Richtung vorhanden, oder eine totale sein? Ich will durchaus nicht meine Untersuchungen als irgendwie nach der physiologischen Seite hin eingehende und erschöpfende ausgeben, sie wurden lediglich unternommen, um die Erscheinungen aus eigener Erfahrung kennen zu lernen, die sich dann freilich bei Eingriffen, die ausschliesslich die Verletzung des häutigen Labyrinthes mit sich führten, vollkommen bestätigten. Ich glaube aber, dass wir nicht absolut genöthigt sind, dem häutigen Gehörorgane selbst eine Rolle als Träger des Vermögens der Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes zuzutheilen, wofür auch der Umstand von vorne herein spricht, dass ausser dem specifischen Sinnesnerven, dem *acusticus*, dessen Funktion ausschliesslich durch meine, wie ich glaube, reine Resultate gebende Zerstörungsmethode aufgehoben wird, kein anderer Nerv sich aus dem Bereiche der *medulla oblongata* an demselben verbreitet. Mir ist deshalb der Gedanke an eine andere Möglichkeit gekommen, die ich hiermit auf die Gefahr hin, dass mir das schöne *ne sutor ultra crepidam* entgegengerufen wird, vorzubringen wage, um so mehr, weil ihr nicht jegliche anatomische Basis fehlt. Ich glaube, man dürfte daran denken, dass die Ganglienzellen der Centralorgane, aus denen die Fasern des *acusticus* in der *medulla oblongata* entspringen, nicht allein dazu bestimmt sind, den Nervenvorgang des Gehörnerven in Gehörempfindung umzusetzen, sondern auch durch ihre Verbindungen mit denjenigen Centralorganen, die das Bedingende der Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes, als wichtige Theile dieser selber mit anzusehen sind. In dem Augenblicke nun, wo ein Theil des Gehörorganes oder das Ganze zerstört wird, wird entweder das ganze oder ein Theil des Centralorganes des *acusticus* ausser Funktion gesetzt, und es würde dann damit ein Theil

der Centralorgane, die für das Aufrechterhalten des Gleichgewichts nothwendig ausser Funktion treten und somit eine Störung des Vermögens bedingen. Mag dem nun sein, wie ihm wolle, die Anatomie giebt keine Anhaltspunkte dafür, dass das Gehörorgan selber mit seinen Nervenendapparaten eine andere Funktion habe, als die, die Schallbewegung in Nervenbewegung des *acusticus* umzusetzen und dadurch die Gehörempfindung im Centralorgane auszulösen, wohl aber dafür, dass jede Faser des *acusticus*, ohne sich mit anderen zu verbinden und somit isolirt seine Erregung leitend zuerst in eine Ganglienzelle sich einsenkt, die dann wieder centralwärts einen Fortsatz ausschickt, der möglicherweise im Gehirne wieder einen gesonderten Centralapparat besitzt, so dass jede für sich eine Empfindung vermitteln kann, wie ich das im ganzen Verlaufe meiner Darstellung festgehalten habe. Die Ampullen, der *recessus utriculi* vermitteln dabei die durch die Knochenleitung hervorgerufene einfache Gehörempfindung, während der *sacculus* Vermittler der durch die Bewegungen des besonderen Schallzuleitungsapparates hervorgerufenen einfachen Gehörempfindung ist und die Schnecke dagegen wenigstens bei den höheren Thieren vorzugsweise, um nicht zu sagen ausschliesslich, den Tonempfindungen dient.

Ich wende mich jetzt zur vergleichenden Histologie des Gehörapparates und ich will da zunächst in wenigen Worten das allen Wirbelthieren gemeinsame Verhalten des *nervus acusticus* und der Endapparate desselben voranstellen und das wiederholt sich, ob wir es nun mit den Ampullen, dem *recessus utriculi*, dem *sacculus* oder der Schnecke zu thun haben. Dabei kann ich freilich nur das periphere Verhalten des *acusticus* in Betracht ziehen, da mir über das Verhalten im Centralnervensysteme die eigenen Erfahrungen fehlen.

Nachdem der *nervus acusticus* das Gehirn verlassen, geht jede einzelne Faser desselben, die nur bei den *Cyclostomen* aus einem Axencylinder in einer kernhaltigen Scheide besteht, bei den übrigen Vertebraten aber doppelt contourirt, also ausserdem mit einer Myelinscheide versehen erscheint, in eine bipolare Ganglienzelle über und bildet den centralen Fortsatz derselben. Von dieser geht dann wieder peripherisch eine Nervenfaser von demselben kernhaltigen oder doppelt contourirten Aussehen weiter, die, ohne sich mit benachbarten zu verbinden, an die Wand des Gehörbläschens tritt, innerhalb derselben mit anderen ein mehr oder minder reichliches Flechtwerk bildend, ohne dass es zu Verbindungen kommt, gegen die freie Binnenwand aufsteigt und nun entweder ohne weitere Veränderung ins Epithel tritt, oder innerhalb der Wandung die Myelinscheide abwirft, um als blasscontourirte Faser (Axencylinder mit Schwann'scher Scheide) im Epithel weiter zu verlaufen. Als doppeltcontourirte Faser finden wir sie häufig bei den Kno-

chenfischen im Epithel, während sie bei den übrigen von mir untersuchten Wirbelthieren stets blass erscheint. In das Epithel getreten, zerfällt dann die Nervenfaser entweder in eine unbestimmte, wechselnde Zahl von Aesten, wie bei sämmtlichen niederen Wirbelthieren bis zu den Vögeln empor, oder in zwei bis drei, wie bei diesen, den Säugern und den Menschen. Diese bilden dann innerhalb des Epithels einen intraepithelialen Plexus, ohne jedoch Verbindungen mit einander einzugehen. Jeder ist von dem anderen durch Hülfe der indifferenten Epithelzellen, der Isolationszellen getrennt, um dann nach kürzerem oder längerem Verlaufe an das untere Ende specifischer Sinneszellen, der Gehörzellen zu treten. Es kommt aber auch häufig vor, dass der Axencylinder direkt, ohne Theilung an das untere Zellende geht und diese Differenz weist, meine ich, deutlich darauf hin, wie ich das schon früher hervorgehoben, dass das eigentliche Ende der Nerven nicht am centralen Ende der Hörzelle befindlich, respektive dass diese nicht selbst als Nervenende anzusehen, sondern eben nur Trägerin der Nervenenden ist. Das Epithel, ursprünglich einfaches Cylinderepithel, differenzirt sich zu Isolations- und Hörzellen, welche erstere sich niemals mit Nerven verbinden, sondern denselben nur den Durchtritt gestatten und einfache Cylinder repräsentiren, die mit ihrem centralen Ende, das den Kern trägt, der Wandung des Gehörbläschens aufsitzen und zugleich durch Verbindungen unter einander ein gröberes oder engeres, protoplasmatisches Netzwerk für die Nervenfasern oder Fäserchen, für den intraepithelialen Plexus bilden, während das periphere, feine Ende sich zwischen die einzelnen Gehörzellen erstreckt und dieselben mehr oder minder von einander isolirt. Dies ist am wenigsten bei den niederen, mehr schon bei den höheren Wirbelthieren der Fall. Die Hörzellen stellen ebenfalls Cylinder dar, an deren centrales Ende also die Nervenfaser geht. Sie besitzen eine flaschenförmige Gestalt mit dem Kerne im Bauche der Flasche und zeigen an der freien, dem Binnenraume zugewandten Fläche einen cuticularen Verdickungssaum, von dem sich die Basis eines langen, ungemein spitz auslaufenden, starren Haares erhebt, das, in der Längsrichtung gestreift, die Zusammensetzung aus mehreren bekundet. Sämmtliche Haare erheben sich über die freie Epithelfläche und jedes derselben taucht in einen mit endolymphatischer Flüssigkeit gefüllten, weiten, glockenförmigen Hohlraum, der sich an der dem Nervenepithel aufruhenden Fläche einer cuticularen Membran befindet, die entweder als *membrana tectoria*, oder als Otolithensackmembran auftritt. Jede Gehörzelle bekommt eine feine Nervenfaser, die jedoch mit Sicherheit nur bis an das untere Ende der Hörzelle verfolgt ist, sich aber wahrscheinlich, wie auch Hensen[1]) gefunden, durch das Centrum der Zelle

1) Zeitschrift für Ohrenheilkunde. 1871.

bis unter den Basalsaum, vielleicht unter Theilung, erstreckt, möglicherweise aber auch unter Theilung über die Aussenfläche verläuft. Jedenfalls ist aber ein Herantreten der feinsten Nervenfasern an den Basalsaum, an die Basis des Gehörhaares aus physiologischen Gründen nothwendig und ob dieselben nun hier in eigenen Körperchen enden, wie Hensen solche bei den Säugern und Menschen gefunden, oder ob sie nach Theilung durch die Basalsäume in die Basen der Haare sich erstrecken und hier frei mit leicht veränderlichen Körperchen nach Art der knopfförmigen Endigungen sensibler Nerven ihr Ende finden, das muss weiterer Forschung vorbehalten bleiben.

Ich möchte auf einen Umstand aufmerksam machen. Waldeyer [1]) hat bei sämmtlichen von ihm untersuchten Thieren die einfachen Gehörhaare geleugnet und stets gefunden, dass das freie Ende der Gehörzelle von einem Büschel kleiner Härchen überragt ist, deren Existenz nach ihm durch die von mir schon gesehene Streifung des Gehörhärchens angedeutet ist. Ich kann nicht anders, als an meiner bisherigen Ansicht von der einfachen Natur der Gehörhaare festhalten, die im lebenden Zustande nie in einzelne Härchen aufgelöst werden, glaube aber die Möglichkeit der Lösung dieser Differenz in folgendem Umstande zu finden. Bei der Betrachtung der feinen Härchen Waldeyer's findet man, dass die Durchmesser aller zusammengenommen durchaus nicht dem Durchmesser der Basis des einfachen Haares entsprechen, wie sie es eigentlich müssten, wenn sie die Gehörhaare constituiren. Der Durchmesser der Basis des Haares entspricht dem des Verdickungssaumes der Zelle und so halte ich es für möglich, dass es sich um innerhalb der Basis des Gehörhärchens befindliche, zarte Fäserchen oder Stiftchen handelt, die eben die Streifung des Haares bedingen. Möglicherweise stehen sie in irgend einer Beziehung zum Nervenende und wäre das der Fall, so könnte die Nervenerregung, die durch die Bewegung des Gehörhaares hervorgerufen wird, nicht besser ausgelöst werden, als durch Elemente, die innerhalb des sich bewegenden Theiles befindlich.

Somit sehen wir denn überall die aus einer bipolaren Ganglienzelle hervorgegangene Acusticusfaser, ohne Verbindungen mit benachbarten einzugehen, mit ihren feinsten Fäserchen zu einfachen, zelligen Gebilden ziehen, die mit einem durch die Schallwellen erregbaren Haare versehen sind. Diese Bewegung theilt sich dann dem letzten, freien Nervenende in oder an der Hörzelle mit. Das letzte Nervenende ist also, wie wohl auch bei allen übrigen Sinnesapparaten, frei zu denken. Die Hörzelle ist somit nicht nervöser Natur, sondern nur Träger des Nerven,

1) Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere von Stricker.

accessorischer Apparat, befähigt durch seine Anlagerung an Nervenenden, durch seine Bewegung den Nervenvorgang auszulösen.

Es fragt sich nun, auf welche Weise die Bewegung der Gehörhaare zu Stande kommt. Dadurch, dass durch die Bewegung der endolymphatischen Flüssigkeit die *membrana tectoria*, oder die Otolithensackmembran, die mit ihren glockenförmigen Hohlräumen die Haare umgeben, gegen dieselben bewegt wird, sie drückt, vielleicht auch ein wenig verschoben wird, oder dadurch, dass, wie bei den Reptilien, den Vögeln, den Säugern und den Menschen, durch die Bewegung der Endolymphe hervorgerufene Schwingungen der Basilarmembran die Gehörhaare gegen die mit glockenförmigen, die Haare umfassenden Hohlräumen versehenen *membranae tectoriae* oder *Corti* der Schnecken gedrückt werden. Es wäre nun aber, sollte man denken, ausserordentlich viel einfacher, wenn die Bewegung der endolymphatischen Flüssigkeit des Gehörorganes direkt die Bewegung der Härchen auslöste, anstatt erst durch Vermittlung der cuticularen Deckmembran, und doch ist das ohne jegliche Ausnahme nicht der Fall. Das weist darauf hin, dass diesen Gebilden noch eine andere Bedeutung, als die soeben erwähnte zukommt. Ich glaube, die Bedeutung derselben ist in zwiefacher Richtung zu suchen. Einmal, glaube ich, spielen diese Cuticularmembranen die Rolle eines Schutzapparates für die Gehörhärchen, verhindern, dass dieselben durch andere Umstände angesprochen werden, als durch die durch Schallwellen erregte Bewegung, und zweitens, glaube ich, sind sie, vor allem in den Schnecken, als Dämpfungsapparate anzusehen, wie Helmholtz solche supponirt. Wir haben in der vorigen Abhandlung gesehen, dass es nöthig sei, eine continuirliche Strömung sowohl der peri- als der endolymphatischen Flüssigkeit anzunehmen, eine Strömung, die in der Endolymphe der Neunaugen, wie bei vielen Evertebraten, sogar durch Flimmerzellen befördert wird. Diese Bewegung, die gewiss Schwankungen unterliegt, wird ja, je feiner die Hörhaare werden, desto leichter dieselben zu afficiren vermögen, und da wir nun finden, dass bei sämmtlichen Wirbelthieren diese Elemente, namentlich an ihrem Ende, in der That unendlich fein sind, so würden sie, wenn sie in die Endolymphe nackt hineinragten, durch die Strömung leicht bewegt werden. Das würde dann eine continuirliche Gehörempfindung bedingen können und davor schützen eben die mit glockenförmigen Hohlräumen versehenen, die einzelnen deckenden Cuticularmembranen. Bei den *Cephalopoden* scheint dasselbe der Fall zu sein, bei den übrigen Evertebraten mag der Schutz in einer relativ bedeutenden Starrheit oder Stärke derselben gegeben sein.

Diese allgemeinen Resultate sind nun die Frucht histologischer Untersuchungen an *Cyclostomen*, *Teleostiern*, Fröschen, Schildkröten, Crocodilen, Vögeln, Säugern und Menschen (Embryonen und Neuge-

borenen, Rinds- und Schweineembryonen), und ich glaube, dass sie damit ziemlich gut begründet sind, und dass das, was im Folgenden geschildert werden soll, sich bis in's Detail auch auf die übrigen, mit Bezug auf die Morphologie von Clason und mir untersuchten Wirbelthieren übertragen lässt.

Das aus einer Einstülpung des äusseren Integumentes entstandene, allmählig sich abschnürende, einfache Gehörorgan zeigt, abgesehen von dem an dasselbe herantretenden und aus dem Ganglion entwickelten Nerven, zwei embryonale Constituenten, aus denen sich die Gewebe und Epithelien der allermannigfachsten Art entwickeln, und zwar einmal die einfachen, embryonalen Zellen der Wandung, zweitens die in einfacher Lage vorhandenen, mehr cylindrischen, auskleidenden Epithelzellen. Aus ersteren differenzirt sich, und zwar aus den äusseren Lagen das Periost oder Endochondrium der Gehörkapsel mit seinen elastischen Elementen, Bindegewebszellen und Gefässen, während aus denen dem Epithel nächsten, also den innersten Lagen die Wandungen des Gehörbläschens und zwar zunächst die Basalmembran, auf der das Epithel ruht, sich entwickelt. Ist diese gebildet, so entsteht aus ihnen die Spindelknorpelmasse der *pars superior*, der Innenwand des *sacculus*, der Schneckenknorpel und der *lagena*, des Kuppelblindsackes, dann die Masse der Bindegewebsmembranen, *membrana Reissneri*, die Fasern der Basilarmembran und die Sackaussenwand, während aus der einfachen Lage der Cylinderzellen des Epithels einmal das Nervenepithel durch Differenzirung abwechselnd in Isolations- und Hörzellen (Zahnzellen und Stäbchenzellen) und anderseits das indifferente Pflasterepithel und das Cylinderepithel der übrigen Theile der Wandungen in seinen verschiedenen Formen wird. Aus ihnen entstehen ferner als Cuticularabscheidungen die *membranae tectoriae* und die Otolithensackmembranen mit den aus dem Inneren derselben herauserystallisirenden Otolithen, wie ich das seiner Zeit[1]) speciell ausgeführt. Die Zellen dann, die zwischen den zum Perioste sich umbildenden und den zur Wandung des Gehörbläschens werdenden gelagert sind, die Zellen der mittleren Lage, verwandeln sich in das Maschennetz des perilymphatischen Raumes und verschwinden später gänzlich oder zum grössten Theile und bilden dadurch eben den Hohlraum des *cavum perilymphaticum* in seinen einzelnen Abtheilungen, welche wir ja im Vorhergehenden, namentlich mit Bezug auf die Schnecke, vergleichend anatomisch eingehend berücksichtigt.

Das dem embryonalen Bläschen mit seiner einfachen Epithelbeklei-

---

1) Beiträge zur Entwicklung der häutigen Theile der Vogelschnecke. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. XVII.

dung am nächsten stehende Gehörorgan treffen wir bei den *Cyclostomen* und zwar vor allem bei *Myxine glutinosa*, bei der die die Wandung des Gehörbläschens constituirenden Zellen sich, abgesehen von dem Perichondrium der Gehörkapsel, zu einer dem perilymphatischen Netzwerke der höheren Wirbelthiere homologen, faserigen Bindegewebsmembran umwandeln und gleichzeitig, wie bei den übrigen Wirbelthieren, als eigentliche Wandung des Gehörbläschens eine Basalmembran, eine euticulare Masse absondern, die bei den *Myxinoiden* schwächer entwickelt, bei den Neunaugen eine beträchtliche Dicke gewinnt und bald deutlicher, bald minder deutlich Spuren einer Schichtung zeigt und namentlich an denjenigen Stellen dick ist, wo die Nerven an dieselbe herantreten und sie gegen das *lumen* hin durchsetzen. Hier findet man in der Wandung noch keine verschiedenen Gewebsformen, handle es sich um Bogengänge, Ampullen und *vestibulum*, wie bei *Myxine*, oder um dieselben Theile und *sacculus*, Schnecke, *recessus utriculi* und Commissur, wie bei den Neunaugen. Bei sämmtlichen höher stehenden Wirbelthieren aber, von den Teleostiern angefangen, sehen wir ein anderes Verhalten und zwar sind, wenn wir mit der *pars superior* beginnen, Bogengänge, Ampullen, *recessus utriculi*, der grösste Theil des *utriculus* und der Verbindungsröhre der hinteren, alleinstehenden Ampulle aus Spindelknorpel aufgebaut, während dagegen die Bogengangeommissur aus einer Bindegewebsmembran besteht. Beide Gewebe gehen aber allmählig in einander über, wodurch der innige Zusammenhang derselben bewiesen wird. Die Spindelknorpelmasse, der Hauptbestandtheil der Wand des Gehörbläschens zeigt, um das gleich hervorzuheben, an verschiedenen Stellen, in den verschiedenen Wirbelthierclassen vollkommen übereinstimmende Verhältnisse. Bald dicker, bald dünner, bald von Gefässen und Nerven durchzogen, bald nur für sich bestehend, zeigt dieselbe bei allen Thieren, inclusive den Menschen, eine die Binnenwandung auskleidende, homogene, zuweilen Andeutungen einer lamellösen Schichtung zeigende, feine Basalmembran, dagegen entwickeln sich im Inneren derselben niemals faserige oder elastische Elemente. Sie besteht aus einer homogenen Intercellularsubstanz, in die bald dichter, bald weniger dicht gedrängt, spindelförmige Zellelemente, Bindegewebszellen, eingesprengt sind, die meistens in bestimmten Richtungen unter einander parallel sind, wie in den Bogengängen, dem *utriculus*, den *cristae*, bald aber auch gegen bestimmte Punkte convergiren, wie zum Beispiel an den Ansätzen der Basilarmembran. Sie geht dadurch in die homogenen, nur hie und da elastische Elemente (*membrana Reissneri*, Commissur) zeigenden Bindegewebsmembranen, wie sie an bestimmten Stellen der Wandung vorkommen, über, indem die Intercellularsubstanz sparsamer wird, die zuweilen in weiten Abständen

eingesprengten Zellen rundlicher werden und nach den verschiedensten Seiten hin Ausläufer aussenden, während die Spindelzellen gewöhnlich nur an den entgegengesetzten Polen anastomosirende Fortsätze zeigen, die dem Perioste zugewandt. Die Oberfläche der Spindelknorpelmasse ist meistens rauh, zeigt Fädchen des perilymphatischen Bindegewebsnetzes, oder demselben angehörige Zellen, die zuweilen (Frösche) ein vollkommen die Oberfläche deckendes Epithel vortäuschen können. Das ist namentlich häufig an den Bogengängen der Fall, die ich zunächst in ihren einfachen histologischen Verhältnissen beschreiben möchte und die ja zuerst bei den Neunaugen auftreten.

Dieselben zeigen auf dem Querschnitte ein bald rundliches, bald mehr elliptisches Lumen, bestehen aus Spindelknorpelmasse und sind von Gefässen umstrickt, die nur selten und auch nur bei ausserordentlich dicker Wandung (Schildkröten) hineindringen. Ihre Knorpelwandung geht erst an der Commissur und zwar ziemlich plötzlich in Bindegewebe über. Das perilymphatische Netzwerk, respektive die Zellen desselben sind namentlich stark an der convexen Seite der Wandung, die, wie wir wissen, dem Perioste oder dem Perichondrium anliegt, entwickelt, ohne dass es nöthig wäre, sie als besondere Bänder anzusehen, wenn sie auch eine innigere Anheftung an die Wand des Gehäuses bedingen. Bei allen Thieren entdeckt man an ihrer concaven Seite einen Streifen, der sich an der Commissur verliert, dagegen sich über die Mitte des Daches der Ampullen fortsetzt, die *raphe*, und dieser ist der Ausdruck eines etwas höheren Epithels, welches der den Binnenraum glatt auskleidenden Basalmembran aufsitzt. Die Zellbekleidung ist in allen eine einfache und besteht an den meisten Stellen der Wandung aus einfachen, hellen, niedrigen, unregelmässig polygonalen Pflasterzellen, die in der Mitte der Concavität zu allmählig immer höher werdenden, gegen die Mitte hin convergirenden Cylindern sich umwandeln und hier die *raphe* constituiren. Die entwicklungsgeschichtliche Bedeutung derselben besteht darin, dass sie der Ausdruck der Abschnürung der ursprünglich als Falten aus dem Labyrinthbläschen sich erhebenden Bogengänge ist. Zuweilen (Fische, Schildkröten) findet sich an der entgegengesetzten Wand, an der Mitte der convexen ein Analogon der *raphe*, eine Anhäufung etwas höherer Pflasterzellen, deren Durchmesser auf Kosten der Höhe etwas abgenommen. Der Kern der Pflasterzellen liegt im Grunde, wie meistens auch der der Cylinder der *raphe*, an deren Stelle gleichzeitig die Spindelknorpelmasse ihre grösste Dicke gewinnt.

Die Commissur der Bogengänge entspricht wie der *utriculus* und die Verbindungsröhre der hinteren, alleinstehenden Ampulle grösstentheils den Vestibularsäckchen der Neunaugen, die mit Flimmerepithel, cylinderförmigen Zellen mit colossalen schwingenden Haaren versehen sind,

während das *vestibulum* der *Myxine* einfaches Pflasterepithel zeigt, und sie müssen aus ihnen hervorgegangen gedacht werden. Sie besitzen bei allen Wirbelthieren grösstentheils eine von Gefässen umsponnene, namentlich aussen häufig von den Zellen des perilymphatischen Netzes bekleidete Bindegewebsmembran als Wandung, die bei etwas grösserer Dicke sparsame, elastische Elemente enthalten kann. Diese zeigt dann wieder die zarte Basalmembran und auf dieser ein einfaches, etwas dunkler granulirtes, unregelmässig polygonales Pflasterpithel, wie in den Bogengängen, das aber zuweilen eine Eigenthümlichkeit insofern zeigen kann, als an einzelnen Stellen gruppenweise oder vereinzelt dunkler granulirte Zellen vorkommen, die dann mitunter eine wirtelförmige oder bogenförmige Anordnung zeigen, und zwar deswegen, weil die einzelnen Zellen in gewissen Richtungen und Gruppen übereinstimmende regelmässige Formen besitzen. In dem *utriculus* und der Verbindungsröhre der hinteren, alleinstehenden Ampulle finden wir aber zuweilen Bilder, als ob einzelne der dunkler granulirten Zellen eine Eigenschaft besässen wie die Zellen, die wir nachher aus der Umgebung der *macula acustica*, namentlich der Fische, und aus der Nachbarschaft der *cristae* einzelner Thiere kennen lernen werden. Sie sind grösser, wechselnd in ihrer Form und lassen zuweilen (Crocodile) Theile der gewöhnlichen, unregelmässig polygonalen Pflasterzellen durchschimmern, so dass man an contraktile Zellen denken könnte, die bald hierhin, bald dorthin ihre Fortsätze aussenden und über die gewöhnlichen festen Bekleidungszellen wegwandern (Zellen mit sternförmigem Querschnitte, M. Schultze). Die Wand dieser Theile kann theilweise, namentlich am Uebergange zur hinteren Ampulle und zum *recessus utriculi*, aus Spindelknorpel bestehen.

Gerade wie diese Theile, so bieten auch die Ampullen, die bei *Myxine* einfache, im Wesentlichen halbkugelige Ausbuchtungen der Vestibularsäcke darstellen, wie sie als solche auch während des embryonalen Lebens bei sämmtlichen Wirbelthieren auftreten und die bei *Petromyzon* schon, wie bei den übrigen Vertebraten, mehr von dem Labyrinthbläschen abgeschnürt erscheinen und ebenso wie die in derselben Weise als abgeschnürte Ausbuchtungen auftretenden Bogengänge an der entsprechenden Wand eine *raphe* tragen, ausserordentlich übereinstimmende morphologische und histologische Verhältnisse dar. Wir unterscheiden an allen ein Dach, einen Boden und zwei Seitenwände, von denen das Dach stets gegen die Concavität der Bogengänge gewölbt erscheint, während der Boden und die Seitenwände mehr gleichmässig plan sich darstellen. In der Mitte des Bodens befindet sich bei allen ein *sulcus transversus* zum Eintritt der Nervenstämmchen, der, in der Mitte am tiefsten, gegen die Seitenwände hin allmählig sich verliert. Aus demselben erhebt sich, quer und senkrecht in das *lumen* vorspringend, eine Leiste,

die *crista acustica*, in der sich die Nervenzweige mit ihren Fasern ausbreiten. Sie steigt an den verticalen Ampullen ein wenig, aber gleichmässig an beiden Seitenwänden empor und verflacht sich dort, erhebt sich dagegen an der Mitte des Bodens am meisten, während in der horizontalen Ampulle, mit Ausnahme der Säuger und der Menschen, wo dieselbe sich wie in den verticalen verhält, die Gehörleiste, wenn auch quer in der Mitte der Ampulle sich erhebend, dennoch asymmetrisch sich an der einen Seitenwand, und zwar der oberen äusseren, höher emporzieht, ein zungenförmiges Aussehen besitzt und dort sich dann allmählig verflacht. Die freien Enden der *cristae*, die bei den *Myxinoiden* einfache, niedrige, an den Wänden der einfachen, halbkugeligen Ausbuchtungen nicht vollkommen quer, sondern etwas schief verlaufende Leisten darstellen, sind kuppelförmig gewölbt, während die seitlichen Abdachungen der verticalen Ampullen entweder gleichmässig eben sind, oder stark vorspringende Leisten in der Mitte zeigen, so dass sie bei einigen Thieren eine Kreuzgestalt bekommen. Diese untergeordneten Leisten haben nichts mit der Ausbreitung des Nerven zu thun, erscheinen demnach auch nicht, wie ich finde, als Träger des Nervenepithels. Die Wand der Ampullen mit den *cristae*, die nichts weiter als Erhebungen, Verdickungen derselben darstellen, besteht bei allen Wirbelthieren, mit Ausnahme der *Cyclostomen*, aus Spindelknorpelmasse und bei diesen, wie in den Bogengängen, aus der von der faserigen Bindegewebshülle umgebenen, namentlich bei *Petromyzon* ungemein entwickelten Cuticularmasse, die sich dann, wie bei den übrigen Wirbelthieren, zur niedrigen *crista acustica* erhebt. Diese endet bei den Neunaugen mit entwickelten Ampullen verflacht an den Seitenwänden. Mit Ausnahme der *crista* zeigt die Wand der bei *Myxine* als einfache Ausbuchtung existirenden Ampulle, wie im übrigen *vestibulum*, ein einfaches Pflasterepithel, während dagegen, ganz abgesehen von den Gehörleisten, bei den übrigen Wirbelthieren an verschiedenen Stellen der Wandung verschiedene Epithelformen sich geltend machen, aber durchgehend in sämmtlichen Wirbelthierclassen eine grosse Uniformität zeigen. Alle Ampullen sind von schönen Gefässnetzen umsponnen. Von den Fröschen angefangen, sieht man die von der Mitte der concaven Fläche der Bogengänge kommenden Hauptstämme über die Mitte des Ampullendaches sich fortziehen und dann ihre Zweige über die Seitenwände abgeben. Dieselben treten namentlich am Boden mit den Nerven in die *crista acustica* hinein und verlaufen hier parallel der Längsaxe derselben und überkreuzen sich rechtwinklig mit den aufsteigenden Nervenfasern. Der Aussenwand haften mehr oder minder reichliche Fasern des perilymphatischen Zellnetzes an, die nebenbei auch die Gefässe in der Lage halten.

Zuweilen können die mehr zusammenhängenden Zellmassen aussen auf den Ampullen ein continuirliches Epithellager vertäuschen.

Das gewölbte Dach, das sich ohne Veränderung in die concave Fläche der Bogengänge fortsetzt, gegen das Dach des *utriculus* aber dünner wird, besitzt seinen grössten Dickendurchmesser in der Mitte und lässt hier bei allen Wirbelthieren einen weissen, meistens schön gewundenen Streifen, die *raphe*, die Fortsetzung der *raphe* des Bogenganges durchschimmern. Das auf der glatten Basalmembran der Spindelknorpelmasse sitzende Epithel ist ein helles, grosses, unregelmässig polygonales Plattenepithel, wie in den Bogengängen, das sich an der *raphe* zu niedrigen, gegen die Mitte convergirenden Cylindern erhebt.

Die dünneren Seitenwände zeigen dieselbe Bekleidung, nur in der Mitte derselben, in der Umgebung der Enden der *cristae* der verticalen Ampullen finden wir, ausgenommen bei den *Myxinoiden*, rings um dieselben das Epithel seinen Charakter ändern. Es bildet hier halbmondförmig um die beiden Enden sämmtlicher Gehörleisten bei den Säugern und Menschen, der verticalen bei den übrigen Wirbelthieren, und um das obere Ende der horizontalen bei diesen herumgelegte, dunkel durchscheinende Flecke, die aus einem wunderschönen, regelmässigen, glashellen Cylinderepithel bestehen (*plana semilunata*), die nur bei den Schildkröten durch mehr unregelmässig polygonale, dunklere Zellen unterbrochen werden, welche, von der Fläche betrachtet, den *plana semilunata* ein zierliches, mosaikartiges Aussehen geben. Gleichzeitig verdickt sich die Wandung, auf der diese Cylinderzellgruppe befindlich, immer mehr. Der Uebergang der unregelmässig polygonalen Pflasterzellen der Seitenwände in die Cylinder der *plana* ist ein ganz allmähliger. Die Zellen erheben sich immer mehr, nehmen dabei an Durchmesser ab, werden regelmässig gestaltet, glashell und zeigen sich an ihrem basalen Ende oftmals zerfasert, was möglicherweise auf einen Zusammenhang derselben mit den Ausläufern der Spindelknorpelzellen deuten könnte. Gleichzeitig mit diesen Veränderungen in der Höhe der Zellen sehen wir die in den Pflasterzellen im Grunde gelegenen Kerne allmählig sich aus demselben erheben, so dass sie in der unmittelbarsten Umgebung der Gehörleiste in die Mitte der Zellen zu liegen kommen.

Der Boden zu beiden Seiten der *cristae acusticae* trägt Pflasterepithel, wie in den Bogengängen, und nur bei den niederen Wirbelthieren (Fischen und Amphibien) zeigen sich entweder unregelmässig, wie bei den Fischen, oder regelmässig, wie bei den Fröschen, Anhäufungen dunklerer Zellen, die bei letzteren als gelbliche Flecke sich geltend machen. Sie stellen bei den Fischen die Zellen mit sternförmigem Querschnitte, bei den Fröschen meine flaschenförmigen Pigmentzellen dar und sind in der That auf dem Querschnitte niedrige, bauchige Flaschen.

Von diesen hat es Retzius[1]) wahrscheinlich gemacht, dass sie über dem gewöhnlichen *stratum* der unregelmässigen Pflasterzellen am Boden befindlich, vielleicht contraktile Zellen darstellen und dass ihr ovalkerniges Aussehen von den durchschimmernden Kernen der unterliegenden, fixen Bekleidungszellen herrührt. Die Frösche habe ich darauf hin nicht weiter untersucht, so dass ich hier zunächst an den einfachen, flaschenförmigen Zellen, die als modificirte Pflasterzellen unmittelbar dem Boden der Ampulle, zu bestimmten Gruppen vereinigt, aufsitzen, festhalten muss.

Ich wende mich jetzt zur Schilderung des letzten, aber auch wichtigsten Bestandtheiles der Ampullen, den *cristae*, deren Formverhältnisse ich bereits beschrieben. Folgende Bestandtheile finden sich in ihnen: Die Spindelknorpelmasse der Ampullen, die hier ja gar nichts weiter als mehr oder minder hohe Erhebungen des Bodens derselben darstellen, die die Binnenwand bekleidende Basalmembran, die durch die *crista* ziehenden Nerven, ferner das vom Boden der Ampullen an den Seitenwänden der *crista* bis zur kuppelförmigen Wölbung emporsteigende Epithel, dann das auf der kuppelförmig gewölbten Höhe befindliche Nervenepithel, das sich niemals über den Bereich der oberen, freien Fläche hinaus erstreckt, und schliesslich die *membrana tectoria*, oder die *cupula terminalis*. Dort, wo die Seitenwände der *crista* namentlich in der Mitte in die freie, gewölbte Oberfläche übergehen, findet sich oftmals ein gegen die Seitenwände der Ampulle, an den Enden der Gehörleiste sich verflachender *sulcus* (Fische), in den sich das Nervenepithel gleichsam einfalzt und der die Grenze desselben andeutet. Was im übrigen die Textur der Masse der Leiste betrifft, so ist es dieselbe Spindelknorpelmasse, wie sie an anderen Orten so häufig vorkommt. Wenig charakteristisch ist auch das Epithel der Seitenwände der Gehörleiste. Es zeigt im Ganzen genommen ein Verhalten, wie an den Seitenwänden der Ampullen, in der Umgebung der dort befindlichen Enden der *crista*. Die Pflasterzellen des Bodens sehen wir an ihnen emporsteigen und, wenn dieselben die niedrigen, flaschenförmigen Zellen, auf die ich vorhin besonders aufmerksam gemacht, eingesprengt enthalten, so fehlen diese auch auf den Gehörleisten nicht. Dabei gewinnen die Zellen etwas an Höhe, ohne jedoch eine so ausgeprägte Cylindergestalt anzunehmen, als das an den *plana semilunata* der Fall ist. Gewöhnlich nimmt erst am oberen Drittel der Seitenwand, in der unmittelbarsten Umgebung des Nervenepithels, auf der Höhe der *crista* die Länge derselben plötzlich zu, das Epithel wird dabei einförmig, nicht durch flaschenförmige Zellen unterbrochen. Es zeigt sich in der Form schöner, regelmässiger, glashellcr Cylinder, wie wir sie am *planum* trafen und erreicht seine grösste Höhe an der Grenze

1) Anatomische Untersuchungen. 1872.

des Nervenepithels und der in den niedrigen im Grunde gelegene Kern rückt bei den höchsten Zellen in die Mitte derselben.

Die Nerven nun, die in den *sulcus transversus* des Ampullenbodens hineintreten und hier oftmals (Schildkröten) ihre bipolaren Ganglienzellen zeigen, theilen sich an den verticalen Ampullen bei den meisten Wirbelthieren, an sämmtlichen bei den Säugern und den Menschen, wie es schon eine schwache Vergrösserung zeigt, in zwei Gruppen, die symmetrisch zu beiden Seiten schräg gegen das Ende der *crista* aufsteigend das Centrum derselben durchsetzen, während der Nervenast der horizontalen Ampulle bei den meisten ungetheilt gegen das Ende der *crista* sich verliert. Liegen innerhalb der Basen der *cristae* die Nervenfasern in starken, einfachen Bündeln beisammen, so sehen wir sie dagegen in der Mitte der Leisten in unter einander paralelle, senkrecht gegen die gewölbte Oberfläche aufsteigende Bündel zerfallen, und diese lösen sich dann oberhalb der Mitte in ihre dunkelcontourirten Fasern auf, die zuweilen einen schwachen Plexus bilden, ohne sich jedoch unter einander zu verbinden. Im Allgemeinen steigen sie senkrecht zur Basalmembran auf und machen zuweilen unter derselben hakenförmige Biegungen (Schlingen). Bei den höheren Wirbelthieren sehen wir nun die doppeltcontourirten Fasern unter der Basalmembran ihre Myelinscheide verlieren, blass, einfach contourirt werden und als solche (Axencylinder mit Schwann'scher Scheide) senkrecht die Basalmembran durchbohrend, in das Nervenepithel der gewölbten Oberfläche treten. Bei den Fischen dagegen ist dieses nur mit einzelnen Fasern der Fall, die meisten treten mit ihrer Myelinscheide, als dunkelcontourirte Nervenfasern in das Epithel und bei ihnen beobachtet man auch zuweilen, wie die doppelteontourirte Faser unter der Basalmembran in der Spindelknorpelmasse in eine Menge feiner Aeste zerfällt, die dann als blasse Axencylinder in das Epithel treten.

Dieses besteht wie überall, wo Nervenausbreitungen des *acusticus* sich finden, aus den im Ganzen genommen flaschenförmigen Gehörzellen und den dazwischen gelagerten Isolationszellen, oder, wie ich sie früher nannte, den Zahnzellen. Diese letzteren führen meistens ihren Kern im basalen Ende, das oftmals verschieden geformte Fortsätze zeigt, gleichsam zerfasert sein kann und vielleicht mit den Zellen der Spindelknorpelmasse zusammenhängt. Sie bilden namentlich bei den Fischen nach Art der Radialfasern in der *retina* ein protoplasmatisches, je nach der Dicke der durchtretenden Nervenfasern mehr oder minder enges, unter den Gehörzellen gelegenes Netzwerk für den intraepithelialen Nervenplexus und schicken dann feine, etwas keulenförmig und abgerundet endende Fortsätze zwischen die einzelnen Gehörzellen empor, die sie in den meisten Fällen in einfacher, aber meistens nicht geschlossener Reihe umgeben. Auf der Fläche erscheinen sie als kleine Kreise, die rings um

die grösseren, die Gehörzellen liegen. Diese, deren Kerne eine zweite Reihe oberhalb der der Isolationszellen bilden, sind namentlich in den niederen Classen leicht vergängliche und ausgeprägter cylindrische, flaschenförmige Zellen, als bei den höheren Thieren, deren basales Ende entweder eine ganze, blass gewordene Nervenfaser oder Theiläste einer solchen trägt. Am freien Ende trägt jede Zelle einen homogenen, cuticularen Verdickungssaum, ähnlich wie die Darmcylinder und aus demselben erhebt sich ein ebenfalls als cuticulares Gebilde anzusehendes, namentlich bei den Fischen ungemein langes, steifes, kegelförmiges, unendlich fein auslaufendes Haar, dessen Basis, wie erwähnt, Längsstreifungen zeigt, die wahrscheinlich der Ausdruck von Stiftchen sind, die von der Basis der Haare gedeckt werden und vielleicht mit den Nervenenden in Zusammenhang stehen, da ich glaube, dass die an das basale Ende der Gehörzelle herangetretene Nervenfaser vielleicht unter Theilung das Centrum der Zelle bis zum cuticularen Verdickungssaume durchsetzt und nun entweder in die Basis des Haares tritt, oder vielleicht auch in einem Körperchen endet, auf das Hensen im peripherischen Theile der Zelle unter dem Verdickungssaume zuerst aufmerksam gemacht hat. Die ins Epithel getretenen Nervenfasern gehen entweder als blasse, ungetheilte Axencylinder an das untere Ende der Hörzellen, oder theilen sich, innerhalb des Epithels einen intraepithelialen Plexus bildend und oft auf weite Strecken horizontal verlaufend, in mehrere Aeste, bei den höheren Thieren in zwei bis drei, um dann zum basalen Ende der Gehörzellen zu treten.

Ueber das auf der kuppelförmigen Wölbung der *crista* ausgebreitete Nervenepithel erstreckt sich nun, aber nicht über die Grenzen desselben hinaus und zuweilen bis an das Dach, immer aber bis zum oberen Drittel der Höhe der Ampullen emporragend, die *membrana tectoria*, die *cupula terminalis* (Lang), die ich auch an Embryonen von Säugern und Menschen nicht vermisst, eine cuticulare Bildung des embryonalen Nervenepithels der *crista*. Dieselbe ist eine muldenförmig ausgehöhlte, ausserordentlich leicht abhebbare, aber resistente Membran, deren Form ein Abdruck der kuppelförmigen Nervenepithelfläche der Gehörleisten ist. Sie zeigt sich zuweilen leicht streifig in der Längsaxe, jedoch ohne irgend welche fascrige Struktur erkennen zu lassen. Diese Streifung ist der Ausdruck einer schichtweisen Absonderung der Membran. Die Dicke derselben ist entsprechend der höchsten Erhebung der Gehörleiste in der Mitte am beträchtlichsten, am geringsten dagegen an der Peripherie. In diese Membran ragen die Gehörhaare hinein und zwar befindet sich jede in einer tiefen Delle, deren Oeffnung an der ausgehöhlten, dem Nervenepithel aufliegenden Fläche sichtbar. Die Peripherie der Oeffnung ruht dem Basalsaume, der Circumferenz der Basis des Gehör-

haares auf. Zwischen diesen weiten Oeffnungen der glockenförmigen Hohlräume oder Dellen der *membrana tectoria* finden sich dann kleinere, die rundliche, flache Vertiefungen anzeigen und sehr unregelmässig über die Fläche zerstreut sind. Diese rühren von den zuweilen etwas hervorragenden, keulenförmig verdickten, peripheren Enden der Isolationszellen her. Somit ragen die Gehörhaare nirgends direkt in den mit Endolymphe angefüllten Binnenraum der Ampullen hinein und die Bewegung muss sich erst der *membrana tectoria* mittheilen. Diese wird dann auf die Gesammtheit der Gehörhaare der *crista acustica*, die sie deckt, wirken. Die Bewegung der Endolymphe trifft immer nahezu senkrecht auf das gewölbte, obere Ende derselben und auf die demselben aufruhende *membrana tectoria* und ich glaube, es wird einmal dadurch die Deckmembran auf die Gehörhaare gepresst, dann aber auch wohl ein wenig auf ihnen verschoben, und somit wird die durch die Bewegung der Endolymphe hervorgerufene Bewegung der Gehörleiste und der *membrana tectoria* eine Bewegung der Gehörhaare und somit den Nervenvorgang auslösen. Diese *membrana tectoria* zeigt bei allen Wirbelthieren übereinstimmende Verhältnisse, nur die *Cyclostomen* bilden in dieser Beziehung eine Ausnahme. Es ist wohl möglich oder sogar wahrscheinlich, dass dieselbe während des embryonalen Lebens auch bei ihnen als einfache Cuticularmembran existirt, allein im erwachsenen Zustande erscheint sie verkalkt als eine Otolithenplatte, die sehr leicht in einzelne kugel- oder schalenförmige Elemente zerbröckelt, und wenn ich auch nicht glaube, dass das Verhältniss derselben zum Nervenepithel und zu den Hörhaaren desselben ein anderes, als bei den übrigen Vertebraten, so bedarf dieser Punkt doch noch weiterer Untersuchungen.

Haben wir nun so die histologischen Verhältnisse der Ampullen betrachtet, so wenden wir uns jetzt zu den übrigen Bestandtheilen des Gehörbläschens, zu den übrigen aus dem *vestibulum*, wie es bei den *Myxinoiden* vorkommt, sich differenzirenden Abtheilungen, dem *recessus utriculi* und dem *sacculus*. Das einfache *vestibulum* von *Myxine* trägt an seiner Wand das bereits genugsam beschriebene, einfache Pflasterepithel und am Boden eine *macula acustica*, die dieselbe Zusammensetzung zeigt, wie die *maculae* der übrigen Wirbelthiere. Ich brauche diese daher nicht gesondert zu beschreiben, sondern was ich jetzt von dem *recessus utriculi* und dem *sacculus* der übrigen Thiere, von den Neunaugen angefangen, sagen werde, das findet auch bei *Myxine* seine Anwendung.

Der *recessus utriculi* besteht aus übereinstimmend construirten Seitenwänden, aus einem Dache und einem Boden, der die *macula* trägt, die sich nur bei den Säugern und den Menschen mehr an die Aussenwand hält. An den Boden tritt auch somit gewöhnlich der Nerv, der

sich fächerartig ausbreitet und bei den Menschen und den Säugethieren auf dieselbe Weise an der Aussenwand ausstrahlt. Er besteht aus derselben Spindelknorpelmasse, wie die Bogengänge und Ampullen und ist von Gefässen umsponnen, die namentlich in den Boden hineintreten, der sich dadurch auszeichnet, dass er sich in der Umgebung der *macula acustica* zu verdicken anfängt, um im Centrum derselben den grössten Dickendurchmesser zu erreichen. Zu einer leistenartigen Erhebung kommt es jedoch niemals. Die ganze Innenfläche der Wand des *recessus* zeigt ebenfalls die feine, glatte Basalmembran. Das Epithel des Daches und der Seitenwände bis zur Umgebung der *macula* unterscheidet sich in Nichts von dem Epithel des *utriculus* und der Verbindungsröhre der hinteren, alleinstehenden Ampulle, respektive der Ampullen selber. Es handelt sich um ein einfaches, unregelmässig polygonales, niedriges Pflasterepithel, das zuweilen eine wirtelförmige Anordnung, hervorgerufen durch bestimmt angeordnete und übereinstimmend geformte Zellen, zeigt. Es kommen aber auch, namentlich bei Fischen und Amphibien, in der Umgebung der *macula* die flaschenförmigen Zellen, die Zellen mit sternförmigem Querschnitte vor, deren ich bereits bei verschiedenen Gelegenheiten gedacht. In der Umgebung der *macula* ändert sich nun das Epithel in derselben Weise, wie in den *cristae* der Ampullen. Das Pflasterepithel wird höher, nimmt dabei aber an Durchmesser ab. Es zeigen sich regelmässige, glashelle Cylinder, die wiederum unmittelbar an der *macula* die grösste Höhe erreichen und sich dort in die Isolationszellen fortsetzen. Dabei zeigen sie den Kern in ihrer Mitte ganz so, wie am *planum semilunatum*.

Was nun die *macula acustica* betrifft, so gilt alles, was ich von den Constituenten des Nervenepithels der *cristae* gesagt, in vollem Umfange auch für diese, nur möchte ich erwähnen, dass mir die Länge der Haare nicht so beträchtlich zu sein scheint, als in den Ampullen. Geringfügige Abweichungen bietet dann ferner nur das Verhalten der Nerven im Spindelknorpel. Die in denselben hineingetretenen Nervenbündel lösen sich in ihre doppeltcontourirten Fasern auf und diese bilden, sich mit reichlichen Gefässen verflechtend, einen viel ausgeprägteren und dichteren Nervenplexus, als in den Gehörleisten, aus dem dann wieder wie in den Ampullen die einzelnen Fasern gegen die Innenfläche der Spindelknorpelmasse und den Basalsaum aufsteigen, um diesen durchbohrend ins Epithel zu treten und sich nun ganz so zu verhalten, wie in den *cristae*. Es kommt auch hier zur Bildung eines intraepithelialen Plexus. Abweichender verhält sich die *membrana tectoria*, die sich nur bei *Myxine* so verhält, wie an den Gehörleisten, verkalkt und als eine Otolithenplatte die gesammte Masse des Nervenepithels der *macula acustica* deckt, ohne anscheinend die Grenze desselben zu verlassen. Bei den übrigen

Wirbelthieren nun, bei denen dieses namentlich in den niederen Formen bis zu den Vögeln empor der Fall ist, während bei diesen, den Säugern und den Menschen die deckende Masse sich wieder nur an den Bereich der *macula* hält, zeigt sie ein anderes histologisches Verhalten. Entwicklungsgeschichtlich betrachtet, tritt sie auch hier in der Form einer von dem Nervenepithel und den Zellen der Umgebung abgesonderten, mächtigen Cuticularmasse auf, allein sie beharrt nicht auf dieser Stufe, sondern, von den Neunaugen angefangen, krystallisiren aus ihrem Inneren eine Menge von Kalkkrystallchen heraus, die bei den meisten Fischen sich zu einer zusammenhängenden Kalkmasse verbinden, und diese überwiegen schliesslich in einem so hohen Grade die Grundsubstanz, aus der sie sich bilden, dass dieselbe als eine mehr oder minder dünne, sackartige, den Otolithen oder die Otolithenmasse umhüllende Membran erscheint, die dann namentlich an der von der *macula* abgewandten Fläche ausserordentlich zart ist, so dass es nur in günstigen Fällen gelingt, dieselbe unversehrt zu erhalten und zu demonstriren. Ja es wäre möglich, dass dieselbe sogar bei den Fischen mit zusammenhängenden Otolithen an dieser Stelle verschwände. Dicker erscheint dagegen die Otolithensackmembran an der dem Epithel der *macula* zugewandten Fläche und hier besitzt sie dann eine Struktur, wie die *membrana tectoria* oder die *cupula terminalis* der Ampullen. Sie ist hier resistent und zeigt die tieferen und flacheren Dellen, erstere die glockenförmigen Hohlräume mit weiter Oeffnung zur Aufnahme der einzelnen Gehörhaare, letztere zur Aufnahme der hie und da sich über das Niveau des Epithels erhebenden, keulenförmig verdickten Enden der Isolationszellen. Der ganze Unterschied der deckenden Membranen der Neuroepithelien im *recessus utriculi* und auf den Gehörleisten ist also der, dass dort im Inneren der cuticularen Masse Kalkkrystalle sich bilden, während sie hier als homogene Cuticularmembran persistirt.

Wie der *recessus utriculi*, so zeigt sich auch der *sacculus*, der stets seine *macula* an der Innenwand, unterhalb der Einmündung der *pars superior* und des *ductus endolymphaticus* trägt, trotz seiner unendlich mannigfaltigen Formen zusammengesetzt. Was zunächst seine Wand betrifft, so verhält sich die innere in jeder Beziehung, auch mit Bezug auf die durchtretenden Nerven und Gefässe eben so, wie der Boden des *recessus utriculi*, und nur die Aussenwand zeigt eine Differenz. Sie ist durchgehends bei allen Wirbelthieren mit selbständigem *sacculus* eine ausserordentlich zarte, ungemein leicht zerreissbare Membran, die sich an der Peripherie, gegen die Innenwand allmählig verdickt und in dieselbe continuirlich übergeht. Während jene aus Spindelknorpel besteht, repräsentirt diese eine allmählig auf bereits beschriebene Weise in die Knorpelmasse sich fortsetzende, homogene Bindegewebsmembran, die selten elastische

Elemente besitzt und ausserordentlich sparsam eingestreute, rundliche Bindegewebszellen mit in verschiedenen Richtungen verlaufenden Fortsätzen zeigt. Das Epithel derselben ist entweder ein wunderschönes, regelmässig polygonales, grosses, niedriges Pflasterepithel (Amphibien), oder es besteht aus grossen, regelmässigen, glashellen Cylindern (Reptilien), ähnlich wie in der Umgebung der Nervenendausbreitungen. Die Innenwand zeigt dagegen, entfernt von der *macula* unregelmässig polygonale Pflasterzellen, aber bei den Fröschen und Fischen befinden sich zwischen ihnen eingesprengt die flaschenförmigen Zellen oder Zellen mit sternförmigem Quersehnitte, die dann wieder in der Umgebung der *macula* in die hohen, hellen, den Kern allmählich in der Mitte tragenden Cylinder übergehen. Die *macula*, die Otolithensackmembran mit den Otolithen oder Otolithenmassen verhalten sich in jeglicher Beziehung gerade so, wie in dem *recessus*, und es wäre unnöthig, hier noch einmal das dort bereits Geschilderte zu wiederholen. Das Princip ist somit dasselbe, wie auf den *cristae*, und was die Art der Auslösung des Nervenvorganges sowohl im *recessus utriculi*, als im *sacculus*, dem *sacculus hemiellipticus* und dem *sacculus hemisphaericus* der Menschen und Säuger betrifft, so ist, glaube ich, der Vorgang derselbe, wie an den Gehörleisten. Die Bewegung der Otolithenmassen trifft bei den niederen Thieren beinahe, bei den höchsten Thieren vollständig senkrecht die Gesammtheit der Gehörhaare, und somit wird von einer Verschiebung derselben kaum die Rede sein können.

Wenden wir uns nun zu dem letzten Bestandtheile des häutigen Gehörorganes, der zum ersten Male bei den Neunaugen differenzirten Schnecke, die von da an bis zu den Menschen empor allmählich eine immer höhere Stufe der Entwicklung, und dem zufolge eine immer mehr sich steigernde physiologische Bedeutung gewinnt, so finden wir, dass dieselbe bei den Neunaugen, den Teleostiern, Ganoiden und Plagiostomen in ihrer histologischen Zusammensetzung keine wesentlichen Differenzen von dem *recessus utriculi* z. B. zeigt, und dasselbe ist auch mit dem Homologon bei den höheren Thieren, der *lagena* der Amphibien, Reptilien und der Vögel der Fall. Wir haben es mit einem kleinen, kugeligen oder flaschenförmigen, unten hinten mit dem *sacculus*, oder mit der *pars basilaris* und somit indirekt mit dem Sacke communicirenden Gebilde zu thun, dessen ganze Wandung aus Spindelknorpelmasse besteht, die sich nach innen hin immer mehr verdickt, weil dort der Nerv mit seinen fächerartig ausstrahlenden Aestchen herantritt. Der Binnenraum der Schnecke oder *lagena* zeigt wieder die glatte Basalmembran, auf der dann, entsprechend der Aussenwand, ein einfaches Pflasterepithel befindlich, das, wie bei den übrigen Nervenausbreitungen, gegen die *macula acustica* allmählig an Höhe zunimmt und aus denselben Zell-

elementen besteht, wie in den *plana semilunata*. Die Nervenfasern im Spindelknorpel der Innenwand, die Elemente der *macula*, ferner die Otolithenmasse, die derselben und der unmittelbarsten Umgebung aufruht, verhalten sich ganz so, wie im *sacculus* und *utriculus*. Wie ist nun aber das Verhalten bei den Sängern und den Menschen, bei denen die *lagena* durch die *pars basilaris* zum häutigen Kuppelblindsacke reducirt erscheint? Die Innenwand bekommt, wie ich finde, keine Nerven, eine *macula acustica* und eine deckende Otolithenmasse oder *membrana tectoria* fehlt somit und die ganze Wand desselben ist demnach von einem einfachen, indifferenten Zelllager ausgekleidet.

Bei den Amphibien nun, bei denen wir zum ersten Male neue Theile, als Ausstülpungen der Sackwand, zu dem Homologon der Schnecke der Fische, der *lagena*, treten sehen, und zwar bei *Siredon* und *Triton* den Anfangstheil, bei dem Salamander und Frosche zugleich die *pars basilaris*, finden wir das histologische Verhalten derselben bei *Siredon*, *Triton* und *Salamandra* identisch mit dem der *lagena*, d. h. die Wand der mehr oder minder halbkugeligen Ausstülpungen besteht aus Spindelknorpel, der nur an der Stelle, wo die Nervenzweige an dieselbe herantreten, sich verdickt. Diese tragen dann an dem indifferenten Theile der Wandung ein einfaches, einförmiges Pflasterepithel, das sich wahrscheinlich in der Umgebung der *macula* erhebt. Diese trägt auch hier eine Otolithenmasse, und ich halte mich fest überzeugt, dass sie dieselbe Zusammensetzung in allen ihren Theilen besitzt, wie die des *sacculus*. Ganz dasselbe ist auch wahrscheinlich mit der *pars basilaris* des Salamander der Fall, obgleich mir hier keine histologischen Erfahrungen zu Gebote stehen, die ich aber für den Anfangstheil und die *pars basilaris* der Frösche, die ja auch im Wesentlichen, wie beim Salamander gestaltet sind und die immerhin gegen einander und gegenüber der *lagena* eine gewisse Selbständigkeit besitzen, in reichem Maasse habe. Der Anfangstheil besteht auch hier wieder aus dem einfachen Spindelknorpel, der namentlich an der Innenwand einen ausserordentlich geringen Dickendurchmesser besitzt und nur an der oberen Wand eine bedeutendere Dicke hat, da hier der sich brückenförmig über die Sacköffnung desselben hinüberspannende Nerv herantritt, innerhalb derselben einen schönen *plexus* bildet, um dann gegen die *macula acustica* aufzusteigen, deren Constituenten sich in Nichts von denen der *macula sacculi* unterscheiden. Der übrige Theil der Wandung, der übrigens auch die Basalmembran nicht fehlt, ist von einfachen, niedrigen, grossen, unregelmässig polygonalen Pflasterzellen bekleidet, denen wir schon so oft begegnet, und nur in der Umgebung der *macula* erheben sie sich schnell zu den bekannten schönen Cylindern. Der Unterschied gegenüber den Anfangstheilen der niederen Amphibien besteht darin, dass dem Nervenepithel der *macula* keine Otolithen-

massen aufliegen, sondern eine *membrana tectoria*, die dieselben Texturverhältnisse zeigt, wie die, welche wir von den *cristae acusticae* kennen gelernt haben, und die mit ihren glockenförmigen Räumen die einzelnen Gehörhaare aufnimmt, wie es ja auch die Otolithensackmembran thut. Dieses Vicariiren einer einfachen, homogenen, cuticularen *membrana tectoria* für eine Otolithensackmembran mit eingeschlossenen Kalkkrystallen ist interessant, um so interessanter, weil wir bei den Schlangen, Blindschleichen und Eidechsen, wie ich hier gleich beifügen will, bei denen sich ja der Anfangstheil der Schnecke mit der *lagena* vereinigt, und bei denen die beiden bei den Amphibien getrennten *maculae* verschmelzen, in dem Theile, der dem Anfangstheile der Amphibien homolog, nicht wie bei den Fröschen, eine *membrana tectoria*, sondern eine Fortsetzung der Otolithenmasse der *lagena* auftreten sehen, ohne dass sich sonst etwas Wesentliches in den histologischen Verhältnissen des Anfangstheils und der *lagena*, namentlich auch in den *maculae acusticae*, ändert.

Die wichtige *pars basilaris* nun, die wir zum ersten Male bei den *Salamandrinae* und den *Ranae* auftreten sehen und die wir von diesen Thieren an durch die Reihe der übrigen Vertebraten bis zu dem Menschen verfolgen wollen, ist ja in ihrer einfachsten Form ein einfacher Knorpelring, an dessen vordere Hälfte der Nerv herantritt, während die hintere frei bleibt. Wir bezeichneten jene daher als den Nervenknorpel, oder nach der bei den Säugern gültigen Nomenclatur als *limbus spiralis cartilagineus*, diese nach den Formverhältnissen bei den Vögeln als dreieckigen, oder als *ligamentum spirale*. In der Lichtung des Ringes spannte sich die Basilarmembran als Innenwand aus, während als Aussenwand des Raumes die *membrana Reissneri* sich fand, die bei den Fröschen als ein selbständig differenzirter Theil der Sackaussenwand sich darstellte. Die gesammte Wandung der *pars basilaris*, die, von den Reptilien angefangen, einen immer wesentlicheren Theil des Schneckenrohres bildet, dessen Binnenraum man ja als *scala cochlearis*, oder *scala media* bezeichnet, differenzirt sich also in eine knorpelige Vorder- und Hinterwand, *limbus spiralis cartilagineus* und *ligamentum spirale*, und in eine wesentlich membranöse Aussen- und Innenwand, *membrana Reissneri* und *basilaris*. Alle diese Theile wachsen so aus, dass die Knorpel, die die hervorstechendsten Theile des Schneckenrohres bilden, einen langgestreckten, spiralig gewundenen Rahmen darstellen, in dem und über den sich dann die gleichmässig wachsende Innen- und Aussenwand ausspannt. Alle Wände gehen, wie bekannt, gleichmässig in die einfache Wandung des häutigen Kuppelblindsackes oder der *lagena* über, die also demnach, wie das entwicklungsgeschichtlich und vergleichend anatomisch leicht erklärlich, auf einer einfachen Stufe der Ausbildung beharrt. Oben ver-

einigen sich die beiden Knorpel einfach bogenförmig und durch ihr Auswachsen nach oben, oberhalb des Ansatzes des *canalis reuniens* bilden sie zugleich mit der *membrana Reissneri* und der *basilaris* den Vorhofsblindsack bei den Säugern und Menschen, der dieselbe Zellbekleidung besitzt, wie die ihn zusammensetzenden Theile und der bei den niederen Thieren, Vögeln und Reptilien kaum in Andeutungen vorhanden ist.

Die in jeder Beziehung verhältnissmässig einfachste Wandung der *scala media* ist die äussere, die *membranaReissneri*, das *tegmentum vasculosum* bei den Crocodilen und Vögeln. Bei den Fröschen ein Theil der Sackaussenwand, stellt sie eine aus Spindelknorpel bestehende, schalenförmige Verdickung derselben dar, die im Binnenraume auf ihrer Basalmembran ein einfaches, niedriges Pflasterepithel trägt. Anders schon bei den Schlangen, Blindschleichen, Eidechsen, wo sie einem Theile des Nervenknorpels und des *ligamentum spirale* und zwar der vestibularen Kante derselben anhaftet und sich selbständig und als glatte Membran über den Knorpelrahmen der *pars basilaris* spannt. Bei den Schildkröten, bei denen die histologischen Verhältnisse näher festgestellt wurden, entspringt die Membran an der hinteren Kante der vestibularen Fläche des Nervenknorpels (Taf. XIV, Fig. 50), um sich dann an dem gleichen vestibularen Rande des *ligamentum spirale* (*ibidem*) anzuheften. Ganz dasselbe ist bei den Vögeln (Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. XVII, Taf. VIII, Fig. 16 u. 18) der Fall und im Wesentlichen zeigt es sich ebenso bei den Säugern und den Menschen, so dass die vordere Fläche des *ligamentum spirale*, die hintere des *limbus spiralis cartilagineus* in den Bereich der *scala media* fällt. Bei allen Wirbelthieren, inclusive dem Menschen, besteht die *membrana Reissneri* aus einem zarten, homogenen, mit sparsam eingestreuten, rundlichen Zellen, hie und da elastische Fasern aufweisenden Bindegewebe (Taf. XIV, Fig. 52), über dessen Aussenfläche ein Netz von Gefässen sich spannt, die bei den Crocodilen und Vögeln das Eigenthümliche zeigen, dass dieselben an den oberen Zweidritteln der Membran mit ihren stärksten Zweigen in regelmässiger, unter einander ziemlich paralleler Richtung quer über die Membran verlaufen und dieselbe tief gegen den Binnenraum der Schnecke falten. Der feinen Basalmembran derselben ruht bei den Schildkröten ein schönes, hohes, regelmässiges, glashelles Cylinderepithel auf (Taf. XIV, Fig. 52), welches bei den Vögeln ähnlich beschaffen, aber mehr kubisch sich darstellt und bei den Säugern und den Menschen zu einem etwas höheren, fast kubischen Pflasterepithel wird. Dasselbe nimmt bei den Vögeln, wie bei den Säugern gegen die Knorpel hin etwas, aber unbedeutend an Höhe zu.

Der hintere Knorpel des Rahmens, der dreieckige der Vögel, das *ligamentum spirale*, das bereits bei den Vögeln einer *lamina spiralis*

secundaria aufsitzt, von der man bei den Crocodilen nur Andeutungen sieht, ist in seiner Form bei den Schildkröten weniger ausgeprägt, bei den Vögeln, Säugern und den Menschen dagegen vollkommen dreiseitig und zeigt sich auf dem Querschnitte in Gestalt eines sphärischen Dreieckes, die eine Seite dem Knochen, die andere Fläche, die innere, der *scala media*, die dritte der *scala tympani* zugekehrt. Der eine Winkel, der vestibulare, dient zum Ansatze der *membrana Reissneri*, der zweite, der *angulus basilaris*, zur Anheftung der Basilarmembran, der dritte, tympanale, der, wie der vestibulare, eine durchschnittene Kante oder Leiste repräsentirt, verliert sich am Perioste der *scala tympani*. Sogar schon bei den Schildkröten befindet sich an der concaven Fläche, die dasselbe dem Schneckenlumen zukehrt (Taf. XV, Fig. 53), ein Homologon des *ligamentum spirale accessorium*, des Wulstes des Spiralligamentes, als eine stumpfe Kante und somit ein *sulcus spiralis externus* (Waldeyer). Das ganze Spiralligament ist reichlich von Gefässen durchzogen, ohne dass es bei den Reptilien und Vögeln zur Bildung einer besonderen *stria vascularis* kommt. Ebensowenig lässt sich ein besonderes *vas prominens* nachweisen. Es besteht aus einfacher Spindelknorpelmasse mit einer an der Scalafläche befindlichen Basalmembran. Ich bin jedoch bei den Reptilien und Vögeln nicht im Stande, durch diese hindurch Verbindungen der Zellen mit der Epithelialbekleidung zu entdecken, ohne damit der Entdeckung derselben bei den Säugern zu nahe treten zu wollen, da ich an verschiedenen Stellen gezeigt, dass so etwas nicht ganz unwahrscheinlich. Die Spindelzellen zeigen mannigfaltigere Ausläufer bei den Säugern, und bei allen zeichnen sie sich dadurch aus, dass sie gegen den Ansatz der Basilarmembran, den *angulus basilaris*, convergiren. Die Epithelialbekleidung des *ligamentum spirale* bei den Fröschen, das ebenfalls gegen den Schneckenbinnenraum, das *lumen* des Knorpelringes, hin ausgehöhlt erscheint, ist ein einfaches Pflasterepithel, wie etwa in den Bogengängen, während sie dagegen bei den Schildkröten als Fortsetzung des Epithels der *membrana Reissneri* aus schönen, hohen, glashellen, aber gegen den Basilarwinkel an Höhe abnehmenden Cylinderzellen (Taf. XV, Fig. 53) besteht. Es kommt jedoch vor, dass, wie bei den Säugern, entsprechend dem *sulcus spiralis externus* das Epithel wieder ein klein wenig an Höhe zunimmt (Taf. XV, Fig. 54), und das ist namentlich in der Mitte der Schnecke der Fall. Bei den Vögeln nimmt das Epithel der *scala-media*-Fläche gegen den Ansatz der Basilarmembran ebenfalls an Höhe ab, die Zellen erscheinen aber relativ niedriger, als bei den Schildkröten, und bei den Säugern finden wir sie im Ganzen genommen noch niedriger, nur im *sulcus externus* höher. Auf der tympanalen Fläche des *ligamentum spirale* sieht man zuweilen Zellen haften, die aber kein Epithel darstellen, sondern Reste des netzförmigen Binde-

gewebes des *cavum perilymphaticum* der *scala tympani* sind. Das Spiralligament verliert sich bei allen Thieren sowohl vestibular- als tympanalwärts allmählig in Bindegewebe.

Der vordere, der Nervenknorpel, der viereckige der Vögel, der *limbus spiralis cartilagineus*, der sich schon bei den Crocodilen einem Homologon der *lamina spiralis ossea* angelagert findet, wie dieselbe bei den Vögeln und in voller Ausbildung bei den Säugern vorhanden, zeigt sich auf dem Querschnitte bei allen übereinstimmend vierseitig mit einer gegen den Knochen, einer gegen die *scala vestibuli* oftmals wenig ausgedehnten, vestibularen, einer gegen die *scala tympani* gekehrten, tympanalen und einer gegen die *scala cochlearis* sehenden Fläche. Von allen Kanten, respektive Querschnittswinkeln, ist derjenige am bedeutendsten, der zum Ansatze der Basilarmembran dient. Die vestibulare Fläche ist bereits bei den Vögeln (Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. XVII, Taf. VIII, Fig. 16) sehr klein, bei den Säugern und den Menschen fehlt sie so gut wie ganz und markirt sich nur als Ansatz der *membrana Reissneri*, die bei den übrigen Thieren ihre Anheftung am hinteren Ende derselben findet (Taf. XIV, Fig. 50 *a*). An den hinteren Theil der tympanalen Fläche, oder in der ganzen Ausdehnung derselben legt sich der Nerv, und bei den Schildkröten sogar das *ganglion cochleare* (Taf. XV, Fig. 55) an den vorderen Theil derselben, während es dagegen bei den Säugern bekanntlich an der Basis der *lamina spiralis ossea* befindlich. Die Nervenfasern durchbohren dann durch Einschnitte oder Spalten (Nervendurchtritt, *habenula perforata*) in Bündeln den *angulus tympanicus*, die Ansatzstelle der *membrana basilaris*, um in den Binnenraum zu treten, während sie bei den Fröschen einfach die ganze Substanz des Nervenknorpels in querer Richtung durchbohren (Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. XVII, Taf. VIII, Fig. 16. Bd. XVIII, Taf. XXVIII, Fig. 35) (Taf. XV, Fig. 55). Unter der Durchtrittsstelle des Nerven durch den *angulus tympanicus* findet man bei den höheren Thieren, von den Reptilien angefangen, die *vasa spiralia*. Die Fläche, die dem Schneckenlumen zugekehrt ist, ist bei allen Thieren am grössten, wie das *ligamentum spirale* ausgehöhlt und besitzt wie überall die schon oft erwähnte, feine Basalmembran. Bei den Vögeln sehen wir dann, namentlich gegen das Ende der Schnecke, an dieser Fläche einen flachen Wulst auftreten, der auf dem Querschnitte als stumpfer Winkel sich darstellt (Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. XVII, Taf. VIII, Fig. 16, Fig. 18 *n*), das *labium vestibulare* oder den *limbus vestibularis*, der ja bei den Säugern und Menschen eine bedeutende Ausdehnung gewinnt. Zwischen ihm und dem Ansatze der Basilarmembran, dem *labium tympanicum*, befindet sich bei den Vögeln schwach, bei Säugern und den Menschen stark ausgeprägt, der *sulcus spiralis* (*internus*).

Das Gewebe des *limbus spiralis cartilagineus*, des Nervenknorpels, ist wiederum Spindelknorpel, der nicht selten, wie bei den Reptilien und Vögeln, von sparsamen Gefässen durchsetzt ist. Bei den Säugern finden sich in der Intercellularsubstanz oft Kalkincrustationen und die *scala-media*-Fläche zeigt sich namentlich an und oberhalb des *sulcus spiralis* gefurcht (Zähne erster und zweiter Ordnung) und gleichzeitig schicken die Spindelzellen nach verschiedenen Richtungen Fortsätze aus, allein das bedingt keine principielle Differenz, selbst wenn das Gewebe einen osteoiden Charakter annimmt. Im embryonalen Zustande sieht man die Basalmembran die *scala-media*-Fläche glatt überziehen. Die Epithelbekleidung zeigt sich bei den Fröschen wiederum als eine einfache Pflasterzelllage, allein gegen die Mitte der ausgehöhlten, gegen das Schneckenlumen, den Raum des Knorpelrahmens sehenden Fläche sehen wir dasselbe sich ziemlich plötzlich rings um eine *macula acustica*, wie an anderen Orten auch, zu niedrigen, mehr kubischen Cylinderzellen erheben, die wiederum am höchsten an der Peripherie der *macula* sich darstellen. Die *macula* liegt also, wie bereits früher erwähnt, bei diesen Thieren ganz in dem Bereiche des Knorpels. Bei den Schildkröten sehen wir dagegen bis in die Nähe der Ansatzstelle der Basilarmembran hohe, schöne Cylinderzellen, die Fortsetzung derjenigen der *membrana Reissneri* (Zahnzellen), auftreten und diese nehmen immer mehr an Höhe zu, je näher wir dem *limbus tympanicus* kommen, da dieser auf seiner Innenfläche einen Theil der *macula acustica* trägt. Die glashellen Cylinder, deren Kern anfänglich im Grunde liegt, werden dann wie an anderen Orten, wo Nerven hindurchtreten, an der *macula* am höchsten und tragen hier ihren Kern in der Mitte. Aehnlich bei den Vögeln, deren *limbus tympanicus* (Nervendurchtritt) ebenfalls einen Theil der *macula acustica* trägt, allein die Zahnzellen nehmen bei diesen Thieren nur bis zum *limbus vestibularis* an Höhe zu, erreichen hier ihre grösste Höhe und zeigen oft in der Mitte ihres glashellen Inneren den Kern (Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. XVII, Taf. VIII, Fig. 18), namentlich im embryonalen Zustande, im *sulcus spiralis* nehmen dieselben jedoch wieder an Höhe ab und werden mehr kubisch (*ibidem*, Fig. 16. 18). Ganz dasselbe ist auch mit den Zahnzellen, an den Zähnen der ersten und zweiten Ordnung, also bis zum *limbus vestibularis*, bei den Säugern und Menschen der Fall, während der *sulcus* von niedrigeren, mehr kubischen Zahnzellen ausgefüllt wird. Diese bekleiden aber bei den höchsten Thieren die Spiralfurche bis zum Ansatze der Basilarmembran, so dass kein Theil der *macula acustica* auf dem *limbus spiralis cartilagineus*, wie bei den niedriger stehenden, zu liegen kommt. An der Vereinigung der Knorpel, die bei den Säugern und den Menschen zum Vorhofsblindsacke wird, sehen wir die Cylinderzellen sowohl des Nerven, als des dreiecki-

gen Knorpels, des *limbus spiralis cartilagineus* und des *ligamentum spirale*, einfach in einander übergehen und die ganze Ausdehnung bekleiden, wie bei den Säugern und Menschen, oder wir sehen, wie bei den Reptilien und Vögeln, an der Ansatzstelle der *membrana basilaris* einen kleinen Theil der *macula* derselben aufliegen.

Somit kommen wir nun zur Betrachtung der wichtigen *membrana basilaris*, von der wir wissen, dass sie durch die Bewegungen der Endolymphe in Schwingungen gesetzt wird, und die bei den höheren Wirbelthieren entweder theilweise, oder ganz Trägerin der *macula acustica* der Schnecke ist. Sie spannt sich bei allen zwischen den Leisten, dem *limbus basilaris* des *ligamentum spirale*, des hinteren, dreieckigen Knorpels, und dem *limbus tympanicus* oder *basilaris* des *limbus spiralis cartilagineus*, die beide auf dem Querschnitte als stark vorspringende Winkel erscheinen, straff aus und stellt überall eine elastische Membran dar, die mit Bezug auf ihre Entwicklungsgeschichte ein ausserordentlich hohes Interesse in Anspruch nimmt, insofern sie einen klaren Einblick in die Bildungsweise des elastischen Gewebes überhaupt gestattet. Bei den Frösehen, bei denen sie entsprechend der Form des Knorpelringes eine kreisförmige Membran darstellt, erscheint sie in ihrer einfachsten Gestalt. Sie ist hier (Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. XVIII, Taf. XXVIII, Fig. 36) eine einfache Fortsetzung der Basalmembran des Knorpelringes, die zuweilen an der dem *lumen* desselben abgewandten, der tympanalen Fläche, Zellrudimente zeigt, die der regressiven Metamorphose unterliegen, dagegen während des embryonalen Lebens eine grosse Rolle spielen. Wir wissen, dass die Zellen des embryonalen Schneckenrohres, die die Wandung desselben zu bilden bestimmt sind, bevor sie sich in die einzelnen Gewebe, Knorpel, Reissnersche Membran differenziren, zunächst gegen den Binnenraum hin eine gleichmässige, cuticulare Basalmembran absondern, und das ist natürlich auch an der Stelle der Fall, wo sich die *membrana basilaris* bilden soll. Anstatt dass nun aber die Zellen nach Absonderung der Basalmembran bei den Fröschen anderweitige Gewebe produciren, wie an anderen Orten das homogene Bindegewebe, die Spindelknorpelmasse, hören sie bei diesen Thieren auf produktiv zu sein und unterliegen der regressiven Metamorphose und sind nur mehr als Zellrudimente an der tympanalen Seite nachweisbar. Diese zarte, einfach als homogene Basalmembran existirende *membrana basilaris* zeigt sich dann auch in ihrer Epithelialbekleidung höchst einfach. Sie trägt ein schönes, polygonales, niedriges Pflasterepithel, wie es an der Knorpelwand der *pars basilaris* vorkommt. Anders stellt sich nun das Verhältniss bei den Reptilien, Vögeln, Säugern und den Menschen. Die embryonalen Zellen sondern nicht nur an der Stelle, an der sich die *membrana basilaris* bilden soll, an der

Innenseite, die der *scala tympani* zugekehrt ist, eine feine, cuticulare Basalmembran ab, um dann zu verschwinden, sondern, nachdem das geschehen, schicken sie, aber auch als Cuticularbildungen, wie ich das von den Vögeln beschrieben, an der tympanalen Seite derselben glashelle Fortsätze aus, die immer länger und dicker werden und von dem *limbus spiralis cartilagineus* bis zum *limbus basilaris* des *ligamentum spirale* sich hinüberspannen, unter einander paralell verlaufen und somit die *membrana basilaris* zu einer querstreifigen, faserigen Membran machen, deren Fasern durch die zuerst abgesonderte Basalmembran nach Art einer Kittsubstanz zusammengehalten werden. Diese Fasern entwickeln sich, wie ich jetzt anzunehmen Grund habe, in einfacher Lage neben einander, wofür namentlich Flächenpräparate sprechen, während ein Durchschnitt durch die Membran leicht eine Schichtung der Faserelemente vortäuschen kann. Sie sind also ebenfalls als eine von jeder Zelle ausgehende Cuticularmasse anzusehen, die demnach durch eine secernirende Thätigkeit des Protoplasma hervorgerufen wird, und sie sind elastischer Natur. Ob es sich nun aber um hohle, elastische Röhren, oder um solide elastische Fasern handelt, muss ich auch diesmal dahin gestellt sein lassen, jedenfalls sind dieselben vom Anfange bis zum Ende gleich dick und rund. Nachdem nun dieselben durch die Zellen zur vollen Ausbildung gebracht sind, verschwinden diese allmählig entweder ganz, oder zum Theil. Sie verkümmern und man findet sie im erwachsenen Zustande nur als durch grössere oder geringere Zwischenräume getrennte Kerne, umgeben von geringfügiger, protoplasmatischer Substanz, die zuweilen Fortsätze zeigt, wie bei den Schlangen und Schildkröten, Fortsätze, die aber als erst nachträglich gebildet erscheinen.

Diese im Knorpelrahmen ausgespannte, durch die unter einander parallelen, gleich starken elastischen Fasern ausgezeichnete Basilarmembran zeigt nun bei den Schlangen und Eidechsen die geringste Länge, bei den Schildkröten schon eine grössere, eine noch grössere bei den Crocodilen und Vögeln, die grösste aber bei den Säugern und den Menschen. Sie beginnt an der oberen, bogenförmigen Vereinigung der Knorpel der *pars basilaris* bei den Säugern und den Menschen, also am Vorhofsblindsacke, und erstreckt sich bis zur *lagena*, dem häutigen Kuppelblindsacke, der ja bei den Säugern und Menschen die geringste Ausdehnung besitzt und zugleich frei von jeglicher Nervenausbreitung ist. Dabei zeigt sie constant die Eigenthümlichkeit, dass der quere Durchmesser derselben an dem Beginne der Schnecke am kleinsten, während sie von da an nach abwärts bis zu einem gewissen Punkte continuirlich an Breite zunimmt, so dass damit natürlich auch gleichzeitig die queren Fasern an Länge wachsen. Bei den Schlangen und Eidechsen liegt dieser Punkt etwa in der Mitte der Membran und von da an nimmt die-

selbe bis zur *lagena* hin wieder an Breite, ihre Fasern an Länge ab. Bei den Eidechsen liegt er an der queren Knorpelbrücke, die die *membrana basilaris* in zwei Hälften theilt, so dass sich demnach bei den Schlangen und Blindschleichen die Form der Basilarmembran und das Verhältniss der Länge der Fasern etwa so stellt: a während sie bei den Eidechsen, bei denen gleichzeitig die Länge der Membran und somit die Zahl der Fasern entschieden zugenommen, folgende Form besitzt: b

Bei den Schildkröten ist die Basilarmembran dann noch weiter in die Länge gewachsen, die Zahl der Fasern hat sich demnach abermals vermehrt und bei ihnen liegt dann die grösste Breite der Membran, die grösste Länge ihrer Fasern schon mehr an dem unteren, dem Lagenarende, und wir bekommen demnach folgende Figur: c Von da an bis zur *lagena* sehen wir dann die Breite, und zwar ziemlich plötzlich, wieder abnehmen. Betrachten wir darauf die *membrana basilaris* bei den Crocodilen und den Vögeln, so ist die Lage der breitesten Stelle ebenfalls, wie bei den Schildkröten, in der nächsten Nähe der *lagena*, allein da die Basilarmembran ungemein in die Länge gewachsen und mindestens das Fünffache der der Schildkröten beträgt, so ist die Zahl der Fasern vom schmalsten Theile der Membran am Anfange der Schnecke, bis zum breitesten, also die Zahl der immer mehr und continuirlich an Länge zunehmenden, elastischen Elemente eine beträchtlich viel grössere, und sehen wir uns dann die Schnecke der Säuger und der Menschen an, bei denen die *membrana basilaris* die grösste Länge erreicht, so finden wir, dass von dem schmalsten Theile derselben, am Vorhofsblindsacke, die Fasern bis zum Kuppelblindsacke continuirlich an Länge zunehmen. Wir sehen somit, dass am äussersten Ende der Membran, am häutigen Kuppelblindsacke, dem Homologon der *lagena*, die grösste Breite, respektive Länge der Fasern erreicht ist und dass demnach die Basilarmembran folgende Gestalt besitzt: d Wir haben also im ausgeprägtesten Maasse bei den Säugern und den Menschen einen Apparat, wie die Claviatur eines Fortepiano, die ja ebenfalls aus einer Anzahl verschieden langer, unter einander paralleller und straff ausgespannter, elastischer Stränge besteht,

und da wir wissen, dass die Bewegung der endolymphatischen Flüssigkeit die Basilarmembran in Bewegung setzt, so ist es mehr als wahrscheinlich, dass diese elastischen Fasern abgestimmt sind und dass die grösste Zahl der Schwingungen in der Zeiteinheit die Faser am Anfange der Schnecke, die kleinste die am Ende der Basilarmembran befindliche in Bewegung setzt, dass also erstere auf den höchsten, letztere auf den tiefsten Ton abgestimmt ist, der überhaupt zur Perception gebracht werden kann, und da wir wissen, dass die Zahl der zwischengelegenen Fasern bei den Menschen eine ungemein grosse, so wird die Zahl der Töne, auf welche die Saiten abgestimmt sind, ebenfalls eine grosse sein. Da wir ferner wissen, dass die Zahl von der kürzesten bis zur längsten bei den Schlangen am geringsten und die längste Faser in der Mitte gelegen ist, so muss die Zahl der Töne, auf die sie abgestimmt sind, ebenfalls am geringsten sein, grösser aber schon bei den Eidechsen und Schildkröten und noch grösser bei den Crocodilen und Vögeln, bei denen ja einmal die längste Faser, wenn auch nicht ganz, so doch nahe am Ende der Basilarmembran lag und bei denen zweitens die Basilarmembran sehr gewachsen war, so dass die Zahl der schwingenden Fasern sich vergrösserte. Von den Schlangen angefangen, ist also ein Apparat vorhanden, der die Tonempfindung vermitteln könnte, und zwar in engen Grenzen bei den Schlangen, von da an aber bis zu den Menschen empor in immer weiter sich ausdehnenden. Die elastischen Fasern übertragen dabei jede ihre Bewegungen für sich, da dieselben ja niemals direkt mit einander verbunden sind, wenn dieselben auch einer gemeinsamen Basalmembran mehr oder minder fest anliegen, und es wird jedenfalls die Tonempfindung am reinsten bei den höchsten Thieren sein müssen, da ja die kürzeste und längste Faser des Saitenspieles mit dem Anfange, respektive dem Ende der Schnecke zusammenfällt, und um so mehr, weil, wie ich bereits öfters zu bemerken Gelegenheit hatte, die *macula acustica* bei den Säugern und den Menschen ausschliesslich auf der *membrana basilaris* sich findet und ebenfalls mit der Breitenzunahme der Basilarmembran continuirlich an Breite zunimmt, während bei den übrigen Thieren, von den Schlangen angefangen, freilich immer weniger, ein Theil derselben dem Nervenknorpel, bei den Vögeln der Durchtrittsstelle des Nerven, der *habenula perforata* aufruht.

Damit wende ich mich denn zur Schilderung der Epithelbekleidung der Basilarmembran, die im Wesentlichen von den Schlangen bis zu den Menschen eine und dieselbe ist. Das cylindrische Epithel des *ligamentum spirale* zieht sich bei den Schildkröten, Vögeln und den Säugern einfach bis zur Grenze der *macula acustica* über die Basilarmembran hin und bekleidet bei den Schildkröten über die Hälfte, bei den Vögeln etwas über ein Drittel, bei den Menschen und Säugern noch weniger und die

Zellen, die niedrige Cylinder darstellen und fast kubisch zu nennen sind, zeichnen sich dann überall dadurch aus, dass sie wie an allen Orten, wo Nerven sich ausbreiten, in der unmittelbarsten Umgebung der *macula* plötzlich höher werden (Stützzellen). Was dann den wichtigsten Theil der Basilarmembran, die *macula acustica* oder das *organon Corti* betrifft, so finden wir durchaus keine wesentlichen Abweichungen von dem Verhalten der *maculae* an anderen Orten. Principiell ist also der Bau bei dem Menschen der gleiche, wie bei den niedersten Wirbelthieren und wahrscheinlich auch bei den Evertebraten.

Wir haben also auch hier wieder wie bei allen Vertebraten Isolationszellen, die nichts mit den Fasern des *acusticus* zu thun haben, und haartragende Hörzellen, die Nervenendapparate zu suchen und finden dieselben in der That in bei den verschiedenen Thieren bis zum Menschen empor höchst übereinstimmenden Formen. Nur das ist das Abweichende bei den Säugern und den Menschen, dass durch die ganze Länge der *macula* hindurch, vom Vorhofsblindsacke bis zum häutigen Kuppelblindsacke eine Doppelreihe von Isolationszellen in der Nähe des Nervendurchtrittes zieht, die sich im embryonalen Zustande auf dem Querschnitte als zwei nebeneinander gelegene Cylinderzellen präsentiren und dadurch die *macula* in eine vordere, kleinere und eine hintere, dem *ligamentum spirale* zugewandte Abtheilung scheiden, und diese Doppelreihe von besonders sich entwickelnden Isolationszellen zeigt dann das Eigenthümliche, dass die Elemente durch das Wachsthum der Basilarmembran mit ihren basalen Enden sich von einander entfernen, so dass sie auf diese Weise eine Brücke, einen Steg bilden, zu dessen beiden Seiten die gewöhnlich geformten Bestandtheile der *macula* sich ausbreiten. Diese Zellreihen sind die Cortischen Fasern, die schon so oft beschrieben sind und deren Entwicklungsgeschichte hier nicht Gegenstand vergleichend anatomischer Betrachtung zu sein braucht, weil sie einfach den übrigen Wirbelthieren fehlen. Sie sind aber nichts weiter als modificirte Isolationszellen, die niemals Nervenendapparate darstellen. Unter den übrigen Elementen der *macula* sehen wir die gewöhnlichen Isolationszellen, hohe Cylinder, die mit ihrem basalen Ende der Basilarmembran aufsitzen und innerhalb derselben findet sich entweder unmittelbar an der *membrana basilaris*, oder etwas höher der Kern. Sie senden dann zwischen die einzelnen Hörzellen das feinere, periphere Ende, das etwas abgerundet, zuweilen ein wenig keulenförmig verdickt an der freien Epitheloberfläche liegt. Die Hörzellen sind auch hier wieder mehr oder minder ausgeprägte, flaschenförmige Cylinder, mit dem Kerne im Bauche der Flasche, am basalen Ende rasch sich zuspitzend. Das periphere Ende trägt einen Basalsaum, aus dem sich das Gehörhaar erhebt, welches längsstreifig und so lang, wie im *utriculus* und *sacculus* sich darstellt,

dagegen kürzer, als in den Ampullen erscheint. Es kann selbst in kurze Härchen zerfallen, oder, wie ich das bereits hervorgehoben, es umschliesst mit seiner Basis kurze Stiftchen. Bei den höchsten Thierformen hat ja Hensen unter dem Basalsaume ein eigenthümliches Körperchen entdeckt, dessen Bedeutung noch näher untersucht werden muss. Die Nervenfasern nun, die, in Bündel zusammengedrängt, den *angulus basilaris* des *limbus spiralis cartilagineus* durchbohren, verlieren bei allen Thieren während ihres Durchtrittes ihre doppelten Contouren und treten ohne Ausnahme als blasse, mit Schwann'scher Scheide versehene Axencylinder in's Epithel und heften sich entweder als solche an das basale Ende der Gehörzelle, oder theilen sich zwischen den Isolationszellen, respektive auch den Cortischen Zellen verlaufend und einen intraepithelialen Plexus bildend, von dem auch einige Fasern der Längsaxe der Schnecke parallel verlaufen, in zwei, respektive drei feine Fäserchen, die dann zum basalen Ende der Hörzellen ziehen, aber jedenfalls hier nicht enden, sondern wahrscheinlich durch das Innere der Zelle bis zu dem Basalsaume und vielleicht durch diesen bis zur Basis des Gehörhaares und den Stiftchen verlaufen.

Der letzte, wesentliche Theil der *macula* ist nun eine *membrana tectoria*, wie wir sie sonst überall, sei es als solche, oder als Otolithensackmembran finden, und wir finden sie in einfacher Form bei den Reptilien und Vögeln, in complicirter dagegen bei den Säugern und den Menschen, bei denen sie als *membrana Corti* und *reticularis* bezeichnet wird. Die *membrana tectoria* der Schildkröten und Vögel, die wir zunächst gesondert betrachten wollen und die im Wesentlichen übereinstimmende Verhältnisse zeigen, deckt die ganze *macula acustica*, begiebt sich, wenigstens bei den Vögeln, nicht über den Bereich derselben hinaus gegen den dreieckigen Knorpel, das *ligamentum spirale* und hat demnach nichts mit den Stützzellen zu thun. Nur bei den Schildkröten scheint das der Fall zu sein, allein auch nur in geringer Ausdehnung (Taf. XV, Fig. 58 *c*). Wir finden, dass dieselbe der ganzen Ausdehnung den auf der ausgehöhlten *scala-media*-Fläche des Nervenknorpels befindlichen Zahnzellen aufruht und sich in den *sulcus spiralis* hineinsenkt (Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. XVII, Taf. VIII, Fig. 16 *s*, Fig. 18 *h*).

Von diesen Zellen rühren die grossen Eindrücke her, die wir an der ersten Zone der Unterfläche der *membrana tectoria* finden, und die Leiste, die bei den Vögeln dem *sulcus* entsprechend verläuft. Die Eindrücke der Zahnzellen rufen bei den Schildkröten ein reticuläres Aussehen hervor (Taf. XV, Fig. 58 *a*). Der übrige Theil der Membran, der gegen das Ende der *macula* immer dünner wird, zeigt auf der der *macula* zugewandten Fläche, wie die *membrana tectoria* der Ampullen und der

Otolithensackmembran, grössere und kleinere Oeffnungen, welche erstere in tiefe Dellen führen, die zur Aufnahme der Gehörhaare bestimmt sind, während die kleineren flachere Einsenkungen zeigen, die das zuweilen keulenförmig verdickte Ende der Isolationszellen aufnehmen. Namentlich beim Frosche habe ich die glockenförmigen Hohlräume der *membrana tectoria* für die Gehörhaare ausgeprägt gesehen (Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. XVIII, Taf. XXVIII, Fig. 58 *a*). Durch diese Kreisfiguren zeichnet sich bei den Schildkröten die zweite Zone, respektive die dritte Zone bei den Vögeln aus. Die ganze *membrana tectoria* ist eine cuticulare Abscheidung der Zahnzellen des Nervenknorpels, respektive der Zellen der *macula acustica*, und zeigt zuweilen eine Streifung als Ausdruck einer schichtweisen Ablagerung.

Als solche ist auch die *membrana tectoria* der Menschen und Säuger anzusehen, die ebenfalls den Zahnzellen des *limbus spiralis cartilagineus* und, wie ich glaube, auch denen des *sulcus spiralis* anliegt, so dass es nicht zur Bildung eines *canalis spiralis* kommt. Immer finde ich an der abgehobenen Membran einen Wulst, wie der, welcher sich bei den Vögeln in den *sulcus spiralis* erstreckt. Im Uebrigen zeigt die Membran auf dem Querschnitt wieder ein streifiges Aussehen und breitet sich, allmählig dünner werdend, über die *macula* bis an die Stützzellen aus, erstreckt sich aber eben so wenig wie bei den Vögeln über diese hinüber. Auch hier finde ich die Eindrücke der Zahnzellen in netzförmigen Zeichnungen und die Haare der Hörzellen ragen an sie heran, allein sie deckt auch eine der *macula acustica* speciell angehörige und namentlich mit den peripheren Enden der Cortischen Zellen in Zusammenhang stehende Bildung, die *membrana reticularis*, die wohl ebenfalls als eine cuticulare Bildung, namentlich der Cortischen Zellen und der übrigen Isolationszellen, anzusehen ist. Durch ihre Lücken ragen die Gehörhaare gegen die *membrana tectoria*. Die Annahme einer doppelten cuticularen Bildung, die im Wesentlichen denselben Zellen ihre Entstehung verdankt und von denen die eine sich nicht mit der anderen vereinigt und von denen die *membrana tectoria* als die ältere, die *reticularis* als die jüngere anzusehen ist, ist um so weniger aus dem Wege liegend, wenn man den Befund, den ich einmal bei den Schildkröten gemacht, in Betracht zieht. Ich fand bei einer *Chelonia midas* eine Fortsetzung der Otolithensackmembran des *sacculus* durch die ganze Schnecke sich erstrecken und die eigentliche *membrana tectoria* überlagern, aber durchaus nicht an sie angeheftet, so dass wir auch hier eine doppelte Absonderung der Zellen des Schneckenrohres annehmen müssen.

Somit haben wir denn auch bei den Säugern und den Menschen Massen, welche die *macula* decken, in die dann die Haare der Hörzellen frei hineinragen, deren innerste Lage, die *membrana reticularis* fest mit

den Cortischen Zellen, und somit mit den Fasern der Basilarmembran zusammenhängt und deren Bewegungen folgen muss. Wird nun eine solche Faser der *membrana basilaris* durch den entsprechenden Ton in Bewegung gesetzt, so wird sich diese Bewegung bei den Reptilien und Vögeln den der Faser anliegenden Isolationszellen und damit auch den von ihnen umgebenen Hörzellen mittheilen. Sie werden mit den Härchen gegen die *membrana tectoria* bewegt werden, wodurch dann der Nervenvorgang von den an die Haare ragenden Nervenfasern ausgelöst wird. Dasselbe ist bei den Säugern und den Menschen, aber in einem noch vollkommneren Grade der Fall. Die Bewegung wird durch die der Faser anhaftenden, modificirten Isolationszellen, die Cortischen Zellen, die einen elastischen Steg bilden, fortgepflanzt, und zwar auf die anliegenden Hörzellen mit den Haaren und der *lamina reticularis*, die gegen die *membrana tectoria* bewegt werden. Somit finden wir denn, dass mit den Schwingungen der einzelnen Faser der Basilarmembran Bewegungen der zugehörigen, angelagerten Gruppen der Isolations- und der Hörzellen verbunden sind, während die benachbarten unbetheiligt bleiben, und dadurch kommen die Schwingungen einer solchen Saite isolirt zum Bewusstsein, es wird eine besondere quantitative Gehörempfindung, die Empfindung eines Tones, hervorgerufen. Damit ist nun aber, wie ich bereits früher andeutete, nicht ausgeschlossen, dass auch eine einfache Gehörempfindung durch die Gesammtheit der Gehörzellen der Schnecke zu Stande kommt, im Gegentheil, diese geht nebenher, da wir wissen, dass durch die *membrana Reissneri* hindurch die gesammte Endolymphe der *scala media* in Bewegung gesetzt werden kann, die dann die gesammte *membrana tectoria*, die alle Hörzellen und deren Haare überlagert, bewegt und somit in allen einen Nervenvorgang auslöst, der kein besonderes Localzeichen bekommt, wie bei den Schwingungen einer einzelnen Saite der *membrana basilaris*.

Somit haben wir alle Bestandtheile des Gehörorganes in ihrer histologischen Zusammensetzung durch die gesammte Wirbelthierreihe verfolgt, und ich glaube, es ist mir gelungen, darzuthun, wie das Princip im Bau desselben ein einheitliches und wie stufenweise in ganz allmähligen Uebergängen aus einfachen Formen, ohne Hinzutreten wesentlicher, neuer Elemente der complicirte Apparat des Menschen und der Säugethiere sich aufbaut.

Mitte September 1872.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. 2.

Gehörorgan von *Myxine glutinosa*, von aussen und innen gesehen. *Aa.*, *ampulla anterior; ap, ampulla posterior; v, vestibulum; de, ductus endolymphaticus.*

Fig. 3. 4.

Gehörorgan von *Petromyzon fluviatilis*, von aussen und innen gesehen. *Aa, ampulla anterior; ap, ampulla posterior.* Die übrigen Bezeichnungen wie bei den folgenden Figuren.

Fig. 5. 6.

Gehörorgan von *Muraena anguilla; hor*, horizontale Ampulle; *hor'*, horizontaler Bogengang; *sag*, sagittale Ampulle; *sag'*, sagittaler Bogengang; *fr*, frontale Ampulle; *fr'*, frontaler Bogengang; *c*, Commissur; *ru, recessus utriculi; u, utriculus; v*, Verbindungsröhre der alleinstehenden Ampulle; *s, sacculus; c, cochlea.*

Fig. 7. 8.

Gehörorgan von *Cyprinus orfus*, von innen und aussen gesehen. Figurenbezeichnung wie in den vorigen.

Fig. 9. 10.

Gehörorgan von *Spinax acanthias.* Figurenbezeichnung wie vorhin; *de, ductus endolymphaticus.*

Fig. 11. 12.

Gehörorgan von *Raja torpedo*, von aussen und innen gesehen. Figurenerklärung wie vorhin.

Fig. 13. 14.

Gehörorgan von *Siredon pisciformis*, von aussen und innen gesehen. Figurenbezeichnung wie vorhin; *pi, pars initialis cochleae; lag, lagena; dp, ductus perilymphaticus.*

Fig. 15. 16.

Gehörorgan von *Triton cristatus*, von aussen und innen gesehen. Figurenbezeichnung wie früher.

Fig. 17. 18.

Gehörorgan von *Salamandra maculata*, von aussen und innen gesehen. Figurenerklärung wie vorhin; *pb, pars basilaris; dp, ductus perilymphaticus.*

Fig. 19. 20.

Gehörorgan von *Rana*, von aussen und innen gesehen. Figurenerklärung wie früher.

Fig. 21. 22.

Gehörorgan von *Coluber natrix*, von aussen und innen gesehen.

Fig. 23. 24.

Gehörorgan von *Lacerta agilis*, von aussen und innen gesehen. Frühere Figurenbezeichnung; *dp, ductus perilymphaticus.*

Fig. 25. 26.

Gehörorgan von *Testudo graeca*, von aussen und innen gesehen. Figurenbezeichnung wie vorhin.

Fig. 27. 28.

Gehörorgan von *Crocodilus niloticus*, von aussen und innen gesehen. Frühere Figurenbezeichnung; *mr, membrana Reissneri*

Fig. 29. 30.

Gehörorgan von *Columba domestica*, von aussen und innen gesehen. Frühere Figurenbezeichnung; *cr, canalis reuniens.*

Fig. 31. 32.

Gehörorgan vom Rinde, von aussen und innen gesehen; *hor*, horizontale Ampulle; *hor'*, horizontaler Bogengang; *sag*, sagittale Ampulle; *sag'*, sagittaler Bogengang; *fr*, frontale Ampulle; *fr'*, frontaler Bogengang; *c*, Commissur der Bogengänge; *ru, recessus utriculi; u, utriculus; v*, Verbindungsröhre der hinteren Ampulle; *s, sacculus; de, ductus endolymphaticus; pb, pars basilaris; mr, membrana Reissneri; cr, canalis reuniens; lag, lagena; b*, Vorhofsblindsack.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

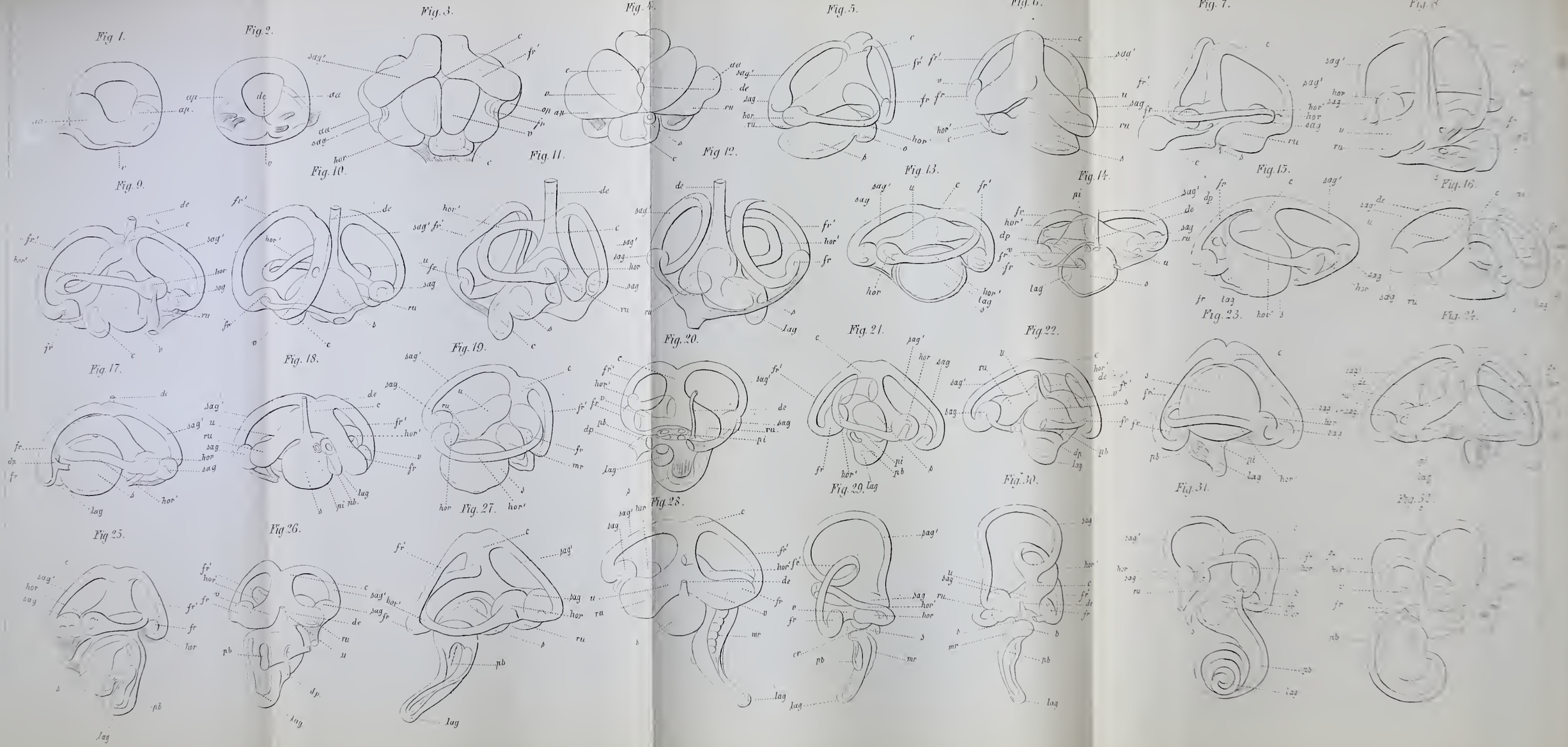
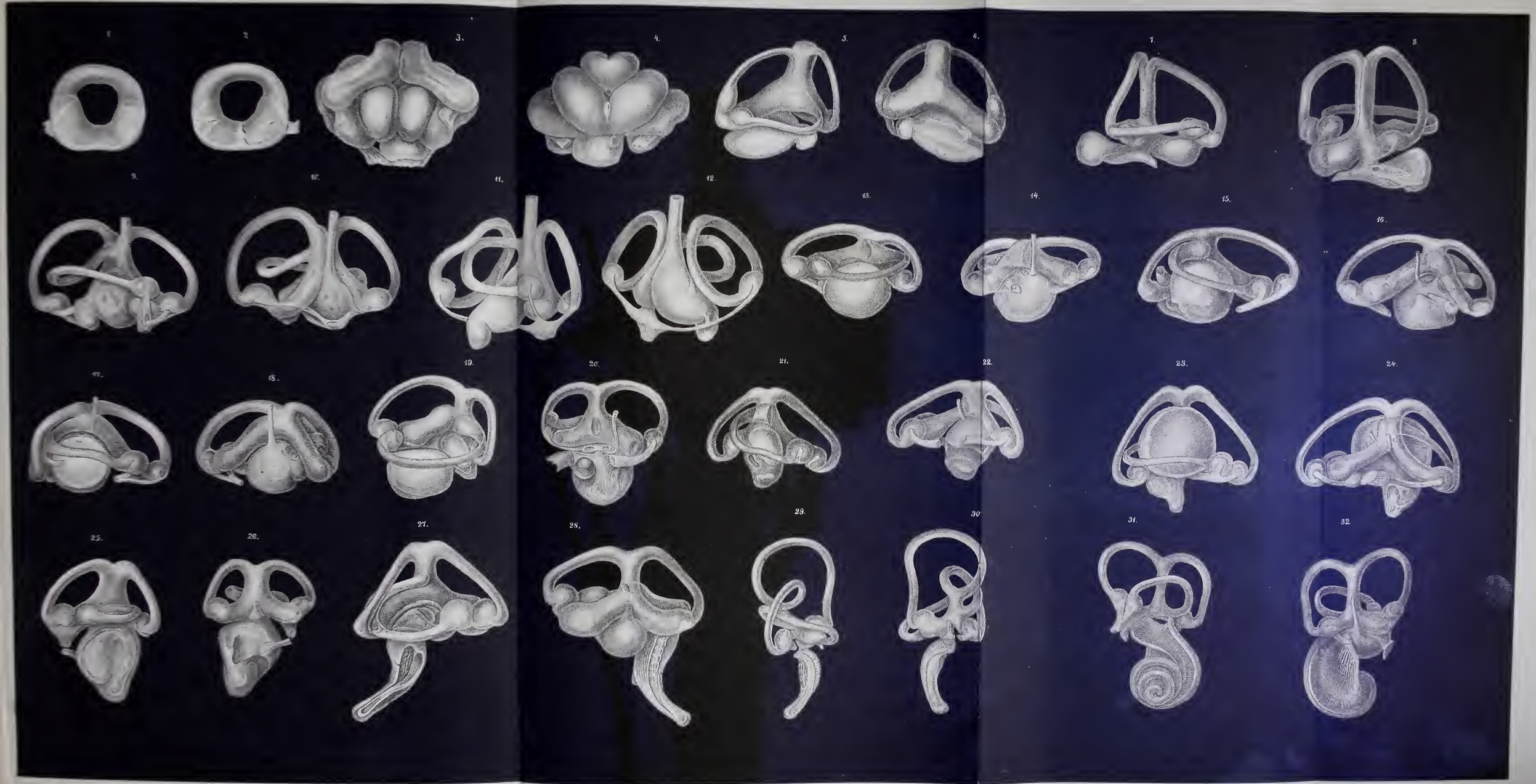


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31.
Fig. 32.



Lith Anst v J G Bach Leipz